

Projekt

Analyse der Liegezeiten von Passagierflugzeugen nach Fume Events mittels Flugverfolgung

Verfasser: Taner Ayan

Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Dieter Scholz, MSME

Abgabe: 2020-01-15

Fakultät Technik und Informatik
Department Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau

DOI:
https://doi.org/10.15488/19105

URN:
https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:gbv:18302-aero2020-01-15.016
Associated URLs:
https://nbn-resolving.org/html/urn:nbn:de:gbv:18302-aero2020-01-15.016



Any further request may be directed to:
Prof. Dr.-Ing. Dieter Scholz, MSME
E-Mail see: http://www.ProfScholz.de

This work is part of:
Digital Library - Projects & Theses - Prof. Dr. Scholz
http://library.ProfScholz.de

Published by
Aircraft Design and Systems Group (AERO)
Department of Automotive and Aeronautical Engineering
Hamburg University of Applied Science

This report is deposited and archived:

- Deutsche Nationalbiliothek (https://www.dnb.de)
- Repositorium der Leibniz Universität Hannover (https://www.repo.uni-hannover.de)
- Internet Archive (https://archive.org), item: https://archive.org/details/TextAyan.pdf

This report has associated published data in Harvard Dataverse:
https://doi.org/10.7910/DVN/SME6VL

Kurzreferat

Zweck – Ziel dieser Untersuchung ist es, eine Liste mit aktuellen Fume Events zu erstellen, die entsprechenden Flüge mit Onlinediensten zur Flugverfolgung zu identifizieren, die Dauer einer eventuellen sich anschließenden Liegezeit zu erfassen und diese mit den Reinigungsanweisungen zu vergleichen.

Methodik – Der Onlinedienst "The Aviation Herald" wurde durchsucht. "FlightRadar24" wurde zur Flugverfolgung genutzt. Dabei wurden hinsichtlich der Liegezeiten nur Ereignisse eines Jahres (2019) berücksichtigt. Eine Statistik wurde in Form einer Pivot-Tabelle erstellt und nach verschiedenen Aspekten ausgewertet.

Ergebnisse – 425 Ereignisse wurden zwischen 2006 bis Anfang 2020 gefunden, davon 51 in 2019. British Airways und Lufthansa waren nach absoluten Zahlen die häufigsten betroffenen Fluggesellschaften. 86,7 % aller CACE betreffen Airbus- und Boeing-Flugzeuge. Auffällig ist, dass Flugzeuge der A320-Familie von Airbus deutlich häufiger betroffen sind als die der B737-Familie von Boeing. Das Verhältnis hierbei beträgt 2,42. Die Liegezeiten nach CACE betragen im Mittel 61 Stunden bei hoher Standardabweichung. Der Minimalwert der Liegezeiten ist null (planmäßiger Folgeflug). Die längste Liegezeit betrug 743 Stunden (ein Monat).

Grenzen der Anwendbarkeit – Der Onlinedienst "The Aviation Herald" erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Dies gilt insbesondere auch für die vergleichsweise häufig auftretenden Fume Events. Weiterhin lehnt der Herausgeber selbst von einer Auswertung seiner Daten zum Thema Fume Events ab, jedoch wird in dieser Arbeit, mangels besserer Daten, trotzdem darauf zugegriffen.

Soziale Bedeutung – Von Besatzungsmitgliedern wurde gelegentlich die Vermutung geäußert, dass die Luftverkehrsgesellschaften durch Fume Events betroffene Flugzeuge zu schnell wieder in den Flugbetrieb geben und damit fahrlässig weitere Besatzungen und Passagiere einer Gesundheitsgefährdung aussetzen. Es wird versucht einen Beitrag zu leisten, um diese Diskussion zu objektivieren.

Abstract

Purpose – The aim of this study is to compile a list of current fume events, to identify the corresponding flights with online flight tracking services, to record the duration of any subsequent layover time and to compare it with the cleaning instructions.

Methodology – The online service "The Aviation Herald" was searched. "FlightRadar24" was used for flight tracking. Regarding layovers, only events of one year (2019) were considered. A statistic was created in the form of a pivot table in Excel and evaluated according to various aspects.

Findings – 425 events were found between 2006 and early 2020, including 51 in 2019. British Airways and Lufthansa were the most affected airlines in absolute terms. 86.7% of all CACE concerns Airbus and Boeing aircraft. It is striking that Airbus A320 Family aircraft are affected much more often than those of Boeing's B737 Family. The ratio here is 2.42. The average layover time after a CACE is 61 hours with a high standard deviation. The minimum layover time is zero (next flight departs as scheduled). The longest layover time was 743 hours (one month).

Research Limitations – The online service "The Aviation Herald" does not claim to report completely about accidents and incidents. This is especially true for comparatively frequent fume events. Furthermore, the editor himself advises not to take his limited data for a statistic about fume events. Nevertheless, this work makes use of data from "The Aviation Herald" because better data was not openly available.

Social Implications – Crew members have occasionally expressed the suspicion that airlines are too quick to return aircraft affected by fume events to flight operations, thereby negligently exposing crews and passengers to a health hazard. An attempt is made to objectify this discussion.

Title:

Analysis of the Layover Times of Passenger Aircraft
after Fume Events Using Flight Tracking



DEPARTMENT OF AUTOMOTIVE AND AERONAUTICAL ENGINEERING

Analyse der Liegezeiten von Passagierflugzeugen nach Fume Events mittels Flugverfolgung

Aufgabenstellung für ein *Projekt*

Hintergrund

Fume Events präziser Cabin Air Contamination Events (CACE) sind Ereignisse bei denen die Kabinenluft von Passagierflugzeugen kontaminiert wird. In schweren Fällen ist die Kabine durch Rauch (fumes) erfüllt. Die Kontamination kann durch giftige Stoffe aus dem Triebwerksöl verursacht sein. Dadurch können Besatzung und Passagiere kurzfristige und chronologische Gesundheitsschäden erleiden. Die Kontamination der Kabinenluft kann zur Flugunfähigkeit der Piloten führen und stellt dadurch eine Gefahr für die Flugsicherheit dar. Flugzeughersteller haben Angaben Anweisungen herausgegeben, wie ein Flugzeug nach einem Fume Event zu reinigen sei. Ziel dieser Untersuchung ist es, eine Liste mit aktuellen Fume Events zu erstellen, die entsprechenden Flüge mit Onlinediensten zur Flugverfolgung zu identifizieren, die Dauer einer eventuellen sich anschließenden Liegezeit zu erfassen und diese mit den Reinigungsanweisungen zu vergleichen.

Aufgabe

Aufgabe dieses Projektes ist es mithilfe von Flugverfolgungsdiensten herauszufinden, welche unmittelbaren Folgen Fume Events im Flugbetrieb mit sich bringen. Außerdem sind die eventuell resultierenden Liegezeiten zu analysieren und anschaulich darzustellen. Sie sollen mit Herstelleranweisungen zur Reinigung bei Fume Events verglichen werden. Folgende Aspekte sollen dabei untersucht werden:

- CACE bei den Fluggesellschaften
- CACE bei den verschiedenen Flugzeugherstellern
- CACE bei verschiedenen Flugzeugtypen
- Analyse der Liegezeiten mit Maximum, Minimum, Mittelwert, Medianwert und Standardabweichung

Die Ergebnisse sollen in einem Bericht dokumentiert werden. Es sind die DIN-Normen zur Erstellung technisch-wissenschaftlicher Berichte zu beachten.

Inhalt

Verzeichnis der Bilder

Verzeichnis der Tabellen

Liste der Symbole

‘	Winkelmaß in Minuten
°	Winkelmaß in Grad
°C	Grad Celsius
ft	Fuß
h	Stunden
kt	Knoten
NM	Nautische Meilen

Liste der Abkürzungen

AA	American Airlines
ADS-B	Automatic Dependent Surveillance - Broadcast
APU	Auxiliary Power Unit
BA	British Airways
CACE	Cabin Air Contamination Event
CI	China Airlines
CSV	Comma-separated values
DE	Condor
ECCAIRS	European Co-ordination Centre for Accident and Incident Reporting Systems
GCAQE	Global Cabin Air Quality Executive
GPS	Global Positioning System
FAA	Federal Aviation Administration
IATA	International Air Transport Association
ICAO	International Civil Aviation Organization
KML	Keyhole Markup Language
LH	Lufthansa
NK	Spirit Airlines
QR	Qatar Airways
RV	Air Canada Rouge
TG	Thai Airways
US	Vereinigte Staaten

Verzeichnis der Begriffe und Definitionen

The Aviation Herald

"The Aviation Herald ist eine englischsprachige Website, die sicherheitsrelevante Ereignisse und Nachrichten aus dem Bereich der kommerziellen Luftfahrt publiziert." (The Aviation Herald 2020a)

Basisflughafen

Ein Basisflughafen ist der Flughafen, an dem ein Flugzeug stationiert ist und von dem ausgehend das Flugzeug betrieben wird.

CACE

Ein CACE ist nach Scholz (2019) folgendermaßen erklärt:

> *In a Cabin Air Contamination Event (CACE) the air in the cabin and/or cockpit of an aircraft is contaminated. Sensation of the contamination can be from vison (fume/smoke), olfaction (smell/odor), a combination of typical symptoms experienced by several passengers and/or or crew or by related measurements of CO, CO2, ozon or other "harmful or hazardous concentrations of gases or vapours"...*

Flightradar24

Flightradar24 ist ein Flugverfolgungsservice, der Echtzeitinformationen über tausende von Flugzeugen rund um die Welt liefert. (Flightradar24 2020g)

IATA-Code

Der Eintrag in Wikipedia (2020a) zu IATA-Codes gibt folgendes wieder:

> *IATA-Codes sind ... vergebene Codes, mit denen vor allem Flughäfen und Verkehrslandeplätze, Fluggesellschaften und Flugzeugtypen markiert werden.*

ICAO-24-Bit-Adresse

Im englischen Artikel in Wikipedia (2020d) ist die ICAO-24-Bit-Adresse so erläutert:

> *Mode S equipped aircraft are assigned a unique ICAO 24-bit address or (informally) Mode-S "hex code" upon national registration and this address becomes a part of the aircraft's Certificate of Registration. Normally, the address is never changed, however, the transponders are reprogrammable and, occasionally, are moved from one aircraft to another (presumably for operational or cost purposes), either by maintenance or by changing the appropriate entry in the aircraft's Flight management system.*

Koordinierte Weltzeit

Sie ist das Zeitformat der gültigen Weltzeit.

Pivot-Tabelle

Laut Schmidt-Voigt (2020) ist eine Pivot-Tabelle ein Instrument zur Auswertung von Daten, die in Tabellenform vorliegen.

Transpondercode

Der Artikel in Wikipedia (2020c) zu Transpondercodes beschreibt sie wie folgt:

> *Der Transpondercode (Squawk) ist eine durch den Piloten einstellbare vierstelle Oktalzahl (Ziffern jeweils 0-7), die der Transponder des Flugzeugs bei der Abfrage durch die Bodenstation aussendet. Der Transpondercode wird mit dem Radarecho zusammen auf den Radarschirmen der Flugsicherung dargestellt und dient der Identifizierung des Flugzeuges.*

1 Einleitung

1.1 Motivation

Beschäftigt man sich mit den Online-Diensten The Aviation Herald und Flightradar24 so stellt man fest, dass CACE keine Seltenheit im Luftverkehr sind.

Sie können laut gesundheitliche Folgen für Piloten, Besatzungsmitglieder und Passagiere mit sich bringen. Unmittelbar auftretende Symptome durch das Einatmen von Giftstoffen sind häufig die Folge und stellen folglich ein erhöhtes Sicherheitsrisiko im Luftverkehr dar. (Spritzendorfer 2019)

Betroffene Flugzeuge stehen oftmals mehrere Tage nach Auftreten eines CACEs noch am Boden. Dies geht aus vielen The-Aviation-Herald-Artikeln hervor. Somit verursachen sie durch lange Liegezeiten Verzögerungen, Verspätungen und Einnahmenausfälle für Fluggesellschaften. CACE erhalten immer mehr mediale Aufmerksamkeit und wecken daher auch das Interesse von Nichtexperten.

Mithilfe der Onlinedienste Flightradar24 und The Aviation Herald lassen sich CACE zurückverfolgen. Die Datenbanken der genannten Webseiten beinhalten viele Details, die in herkömmlichen Medien meist nicht zu finden sind.

Die Erstellung einer Statistik würde die Daten der genannten Luftfahrtwebseiten zusammenführen und die Möglichkeit bieten, Erkenntnisse zu CACE zu erzielen.

1.2 Begriffsdefinitionen

In diesem Abschnitt werden die Begriffe des Titels dieser Arbeit "Analyse der Liegezeiten von Passagierflugzeugen nach Fume Events mittels Flugverfolgung" definiert.

Analyse
Eine Analyse ist laut Duden (2020b) eine Untersuchung, bei der etwas zergliedert und etwas Ganzes in seine Bestandteile zerlegt wird.

Liegezeit
Die Liegezeit ist die Dauer, die ein Flugzeug aufgrund seiner Luftuntüchtigkeit am Boden verbringt. In dieser Arbeit wird sie aus der Differenz zwischen dem Datum und der Uhrzeit des CACE und dem Datum und der Uhrzeit der Rückkehr in den Flugbetrieb ermittelt.

Passagierflugzeug
Ein Passagierflugzeug ist nach Duden (2020a) ein Flugzeug, das zur Beförderung von Fluggästen dient.

Fume Event
Scholz (2019) erklärt Fume Events wie folgt:

> *„In a fume event, the cabin and/or cockpit of an aircraft is filled with fume. The fume originates from the bleed air and enters the cabin via the air conditioning system. Air contamination is due to fluids such as engine oil, hydraulic fluid or anti-icing fluid. A Fume Event includes a Smell Event. Note: Other reasons for fume in the cabin are possible. The term "fume event", however, is generally used as defined here."*

Flugverfolgung
Mit Flugverfolgung sind Online-Dienste, die Daten zu Flügen in Echtzeit zur Verfügung stellen gemeint. Auch Daten aus der Vergangenheit sind Teilweise abrufbar. Start- und Ladezeiten, geografische Positionen, Flugzeugtypen- und Registrierungen und weitere Informationen stehen zur Verfügung.

1.3 Ziel der Arbeit

Diese Arbeit soll darstellen, wie mit Daten aus The Aviation Herald und Flightradar24 eine Statistik erstellt werden kann. Es können beliebig viele und unterschiedliche Daten zur Untersuchung herangezogen werden. Die Ergebnisse sind vielfältig und aussagekräftig. Aussagen aus den Fachmedien sollen gestützt und auch, wenn nötig, widerlegt werden. Ebenso sind neue Erkenntnisse zu schließen.

In dieser Arbeit wird sich auf CACE spezialisiert. Aus den Ergebnissen sollen Erkenntnisse unter Anderem zu Häufigkeit des Auftretens, Problemflugzeugen und Liegezeiten nach den Ereignissen gezogen werden.

1.4 Literaturübersicht

Zur Erstellung dieser Arbeit wurde sich ausschließlich an Internetquellen bedient. Die Internetdatenbank The Aviation Herald enthält viele Vorfälle und Ereignisse aus dem Luftverkehr. Somit ist sie unerlässlich, um die für diese Arbeit notwendigen Informationen zu erhalten. Da der Inhaber der Webseite laut Wikipedia (2020b) alle Angaben selbst recherchiert hat, ist zunächst einmal auf die Richtigkeit der Angaben zu vertrauen.

Aus Flightradar24 lassen sich ebenso wichtige, allgemeine Daten aus dem alltäglichen Flugbetrieb gewinnen. Zum einen können nahezu alle Angaben aus The Aviation Herald überprüft werden und zum anderen viele weitere Erkenntnisse gewonnen werden. Beispielsweise besteht die Möglichkeit nach einem CACE, den weiteren Verlauf des betroffenen Flugzeugs nachzuvollziehen.

Da sich Scholz (2017) und (2019) ausführlich mit CACE befasst hat, wurden zur Recherche seine Quellen in dieser Arbeit bevorzugt.

Wie Piloten im Fall eines CACE zu handeln haben, spielt für das Ergebnis dieser Arbeit eine wichtige Rolle. Tofighi-Niaki (2013) beschäftigt sich in seinem Aufsatz in der Zeitschrift *Safety First* von Airbus mit der Prozedur bei CACE. Diese Quelle ist eine seltene und seriöse Schrift zu diesem Thema.

Begriffsdefinitionen wurden in Wikipedia und im Duden nachgeschlagen.

1.5 Aufbau der Arbeit

Die Abschnitte dieser Arbeit erläutern die genutzten Webseiten als Werkzeuge, die Erstellung der Statistik selbst und die Darstellung der Ergebnisse.

Der Hauptteil dieser Arbeit enthält die Ausführungen zu den Themen:

Abschnitt 2 beschreibt Flightradar24 und deren Funktionen, welche zum Aufbau der Statistik notwendig sind.

Abschnitt 3 behandelt den Aufbau der Webseite von The Aviation Herald. Alle Informationen, die aus den Artikeln gezogen werden können werden erklärt.

Abschnitt 4 erläutert das Thema CACE und die restliche Flugabwicklung nach Auftreten eines CACE.

Abschnitt 5 zeigt eine Möglichkeit aus The Aviation Herald- und Flightradar24-Daten eine Statistik zu erstellen.

Abschnitt 6 stellt die Ergebnisse anschaulich dar und geht auf sie ein.

Abschnitt 7 fasst alle erhaltenen Ergebnisse zusammen.

Abschnitt 8 enthält die Schlussbemerkung zu der Arbeit.

Anhang A beinhaltet den Teil der Statistik, der die Ergebnisse für das Jahr 2019 und den Januar 2020 darstellt.

Anhang B ist der Ablaufplan zur Dekontamination eines Flugzeugs nach einem CACE.

Zu dieser Arbeit gehört eine Excel-Datei die die Statistik und alle dazugehörigen Diagramme und Tabellen enthält. Unter dem folgenden Link ist die Excel-Datei abrufbar: https://doi.org/10.7910/DVN/SME6VL

2 Flightradar24

2.1 Echtzeitverfolgung

Die Echtzeitverfolgung von Flightradar24 liefert Informationen aus dem aktuellen Luftverkehr. Aus Position, Flugzeugregistrierung, Flugnummer, Flughöhe und Fluggeschwindigkeit lassen sich alle weiteren Daten und Informationen ableiten. Die Darstellung auf der Homepage erfolgt auf einer Karte. Kartentyp und Flugzeugsymbole sind aus einer Auswahl von Optionen wählbar. Die übliche Technik, die hierbei zum Einsatz kommt, heißt ADS-B. Die englische Abkürzung ADS-B steht für *Automatische Aussendung abhängiger Beobachtungsdaten* (automatic dependent surveillance-broadcast). Das Flugzeug empfängt seine aktuelle Position von GPS-Quellen, also von Satelliten. Die ADS-B-Sender übertragen dann die erhaltenen Daten, welche von ADS-B-Empfängern am Boden entgegengenommen werden. Flightradar24 verarbeitet die Daten und stellt sie den Nutzern in verschiedenen Ausführungen, wie zum Beispiel auf der Homepage oder auf der mobilen App zur Verfügung. Die meisten im Betrieb befindlichen Verkehrsflugzeuge sind mit ADS-B-Sendern ausgestattet. (Flightradar24 2020h)

2.1.1 Kartendarstellung

Die vom ausgewählten Flugzeug im jeweiligen Flug abgeflogene Route ist farblich auf der Karte dargestellt. Es lässt sich ableiten, auf welcher Flughöhe das Flugzeug die Positionen auf der Route abgeflogen ist. Während die Farbe Weiß zur Darstellung der Meereshöhe dient, ändert sich die Farbe mit steigender Flughöhe über Gelb, Grün, Blau und Violett zu Rot.

Das Bild 2.1 zeigt den Lufthansa-Flug LH718 mit der farblichen Darstellung der abgeflogenen Route am 9. Januar 2020.

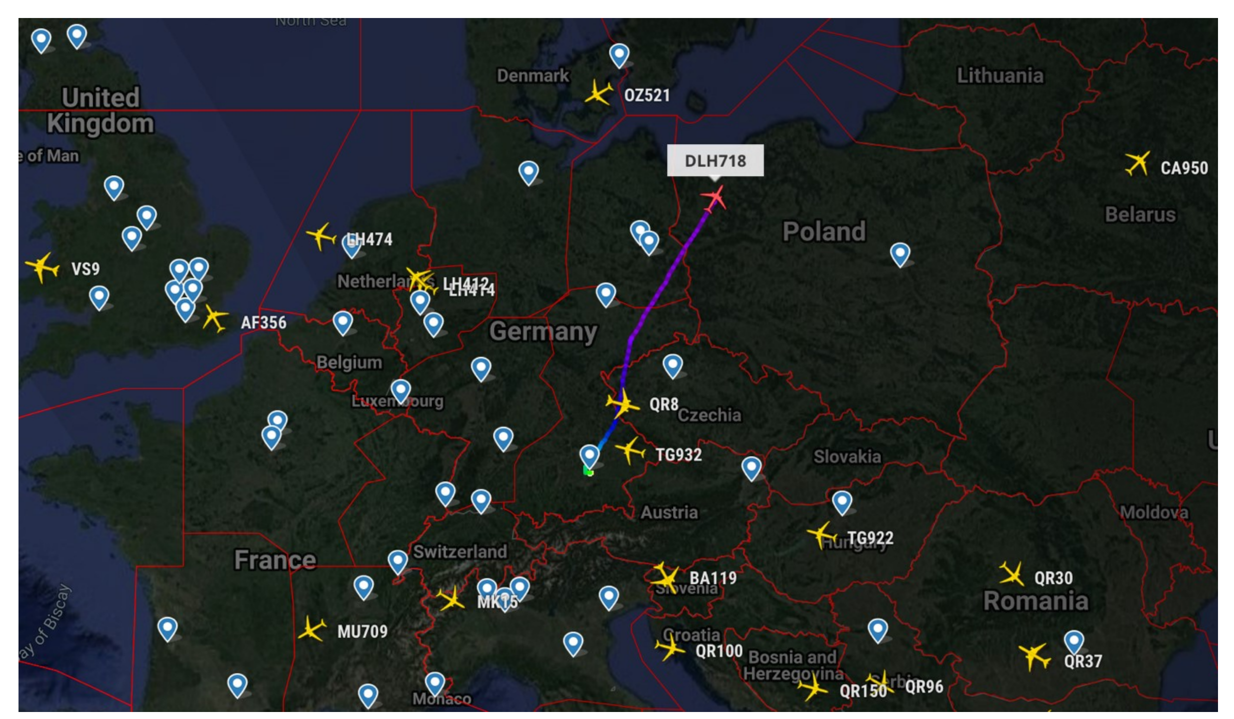


Bild 2.1 Veranschaulichung der farblichen Darstellung der Flugroute anhand eines Fluges (Flightradar24 2020t)

2.1.2 Flugnummer, Route, Abflug- und Ankunftszeiten

Auf der linken Seite werden bei einem ausgewählten Flug alle zu Verfügung stehenden Daten angezeigt. Das Rufzeichen, welches den Fluglotsen zur Identifizierung des Fluges dient, wird ganz oben angezeigt. Es folgen die Flugnummer, die auch auf Flugtickets oder Anzeigetafeln von Flughäfen zu finden ist und die Fluggesellschaft, die den Flug durchführt. Falls vorhanden, wird auch ein Foto des Flugzeugs selbst, aus der Datenbank einer Flugzeugfotografie-Webseite angezeigt.

Die Start- und Zielflughäfen sind als IATA-Code mit drei Buchstaben angegeben. Zwischen dem Start- und dem Zielflughafen zeigt ein Symbol den aktuellen Zustand, in dem sich das Flugzeug befindet. Es wird hierbei zwischen *am Boden* (on ground), *startet* (taking-off), *in der Luft* (airborne) und *im Landeanflug* (on approach) unterschieden. Weitere Informationen zu dem Flug sind die planmäßige Abflug- und Ankunftszeit, sowie tatsächliche Abflugzeit und die erwartete Ankunftszeit. Alle Uhrzeiten in diesem Bereich werden als jeweilige Ortszeit angegeben. Diese Informationen werden zusätzlich durch einen Streckenbalken veranschaulicht. Er zeigt die bereits zurückgelegte Strecke und die noch zurückzulegende Strecke in Kilometern, sowie die vergangene Zeit seit der tatsächlichen Abflugzeit und die restliche Flugzeit bis zur erwarteten Ankunftszeit an. Die Großkreisentfernung zwischen den beiden Flughäfen und die Durchschnittliche Flugdauer werden ebenfalls angezeigt. Im Folgenden wird das Beispiel des Fluges BA107 vom 19. September 2019 erklärt.

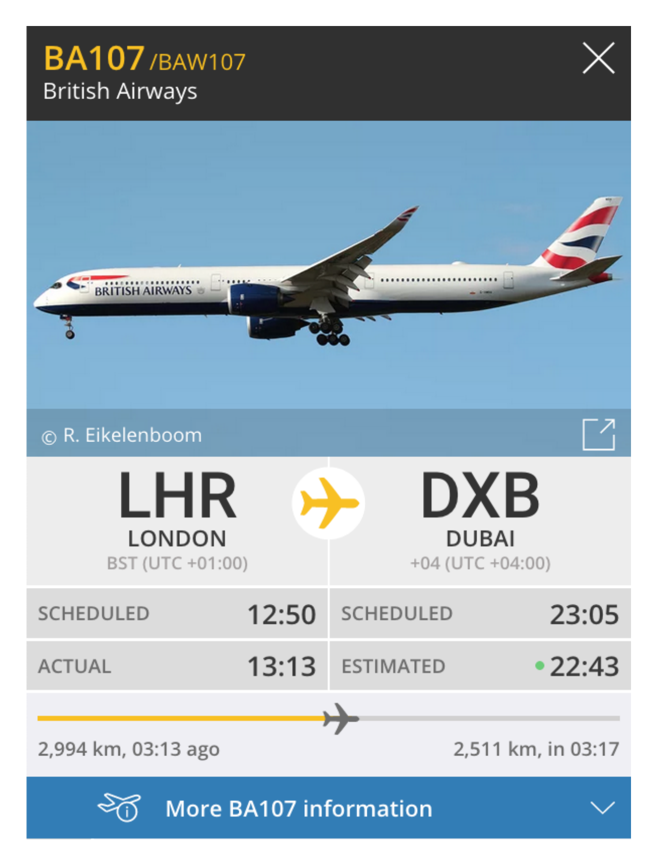


Bild 2.2 Informationen zum British-Airways-Flug BA107 (Flightradar24 2020a)

Das Bild 2.2 zeigt den British-Airways-Flug mit dem Rufzeichen BA107 und der Flugnummer BA107, der zum Zeitpunkt der Bildschirmaufnahme vom Flughafen London-Heathrow zum Flughafen Dubai fliegt. Planmäßiger Abflug war 12:50 Uhr Ortszeit. Die tatsächliche Abflugzeit war 13:13 Uhr Ortszeit. Planmäßige Ankunft in Dubai ist um 23:05 Uhr Ortszeit. Erwartete Ankunft ist um 22:43 Uhr Ortszeit. Zum Zeitpunkt der Bildschirmaufnahme hatte das Flugzeug bereits 2994 km zurückgelegt und noch 2511 km vor sich. Ferner war es seit 3 Stunden und 13 Minuten in der Luft und hatte noch 3 Stunden und 17 Minuten bis zur erwarteten Ankunft. Die Differenzen der Zeitzonen zur koordinierten Weltzeit sind unter dem Start- und Endpunkt aufgeführt.

2.1.3 Informationen zum Flugzeug

Gefolgt werden die Informationen zu dem aktuellen Flug von Informationen zum Flugzeug. Es werden sofern vorhanden Flugzeugtyp, Flugzeugkennzeichen, Registrierland, Seriennummer des Herstellers und das Alter des Flugzeugs angegeben. Des Weiteren werden vergangene Flüge des Flugzeugs angezeigt. Anhand des obigen Beispiels wird auch dieser Teil nachfolgend erklärt.

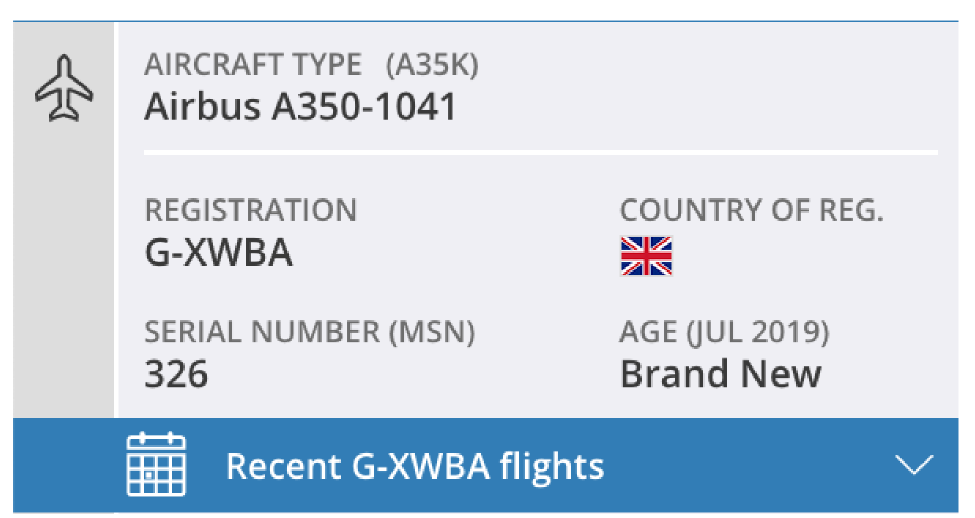


Bild 2.3 Informationen zum Flugzeug des Fluges BA107 (Flightradar24 2020b)

Der Flug BA107 wurde am 19. September 2019 von einem Flugzeug des Typs Airbus A350-1000 durchgeführt. Der ICAO-Code dieses Flugzeugtyps lautet „A35K“. Die Registrierung lautet G-XWBA. Das Flugzeug ist in Großbritannien registriert. Die *Hersteller-Seriennummer* (Manufacturer Serial Number) ist 326. Das Alter des Flugzeugs ist als brandneu angegeben, denn zum Zeitpunkt der Bildschirmaufnahme lag die Auslieferung etwa zwei Monate zurück.

2.1.4 Flughöhe, Flugrichtung und vertikale Geschwindigkeit

Nach den Informationen zum Flugzeug sind Daten zur Flughöhe und Flugrichtung angegeben. Hierzu werden die kalibrierte Höhe und die GPS-Höhe in Fuß, die vertikale Geschwindigkeit in Fuß pro Minute und die Flugrichtung als Kurs in Grad angezeigt.

Anhand des sich im Landeanflug auf den Flughafen London-Heathrow befindlichen Qatar-Airways-Fluges QR7 vom 20. September 2019 wird dieser Abschnitt mit einem Bildschirm-foto erklärt.



Bild 2.4 Der Abschnitt der Flughöhe, der vertikalen Geschwindigkeit und des Kurses (Flightradar24 2020c)

Das Bild 2.4 zeigt den Flug QR7, welcher sich zum Zeitpunkt der Bildschirmaufnahme am 20. August 2019 im Landeanflug befand. Die kalibrierte Höhe ist 2600 ft und die GPS-Höhe

beträgt 2825 ft. Das Flugzeug sinkt mit einer vertikalen Geschwindigkeit von 704 ft/min. Der Kurs des Fluges ist 89°.

2.1.5 Fluggeschwindigkeiten, Wind und Temperatur

Nach den Informationen über das Flugzeug sind für Betrachtungen der Flugleistung interessante Parameter gelistet. Die aktuelle Geschwindigkeit des Flugzeugs wird in Form von der Geschwindigkeit über Grund (ground speed), der wahren Fluggeschwindigkeit (true airspeed), der angezeigten Fluggeschwindigkeit (indicated airspeed) in Knoten und der Machzahl (Mach number) angezeigt. Zusätzlich zu den Fluggeschwindigkeiten wird die Windstärke an der aktuellen Position und Flughöhe des Flugzeugs in Knoten angezeigt und durch die Windrichtung als Kurs ergänzt. Auch die Temperatur in der befindlichen Höhe wird in Grad Celsius angegeben. Außerdem ist angegeben welcher ADS-B-Empfänger die Daten empfangen hat. Zur Veranschaulichung der Geschwindigkeit und Flughöhe ist ein Diagramm dargestellt, indem die Geschwindigkeit, in diesem Fall die Geschwindigkeit über Grund, und die Flughöhe über der Zeit aufgetragen sind. Folglich wird auch dieser Bereich anhand des Thai-Airways-Fluges TG922 erklärt.

Bild 2.5 Angaben zur Fluggeschwindigkeit, zur Windgeschwindigkeit und zur Außentemperatur (Flightradar24 2020d)

Das Bild 2.5 veranschaulicht, dass Thai-Airways-Flug TG922 zum Zeitpunkt der Bildschirmaufnahme vom 20. September 2019 mit einer Geschwindigkeit über Grund von 433 kt flog. Die wahre Fluggeschwindigkeit betrug 500 kt und die angezeigte Fluggeschwindigkeit 275 kt. Die Machzahl ist 0,86. Auf der Höhe, auf der das Flugzeug fliegt, herrscht ein Wind von 124 kt aus Richtung 334 °. Die Außentemperatur beträgt -53,0 °C. Der Name des ADS-B-

Empfängers ist „TEHRAN“. Das Geschwindigkeits- und Flughöhen-Zeit-Diagramm des Fluges SQ323 vom 23. Januar 2020 ist im Folgenden dargestellt und beschrieben.

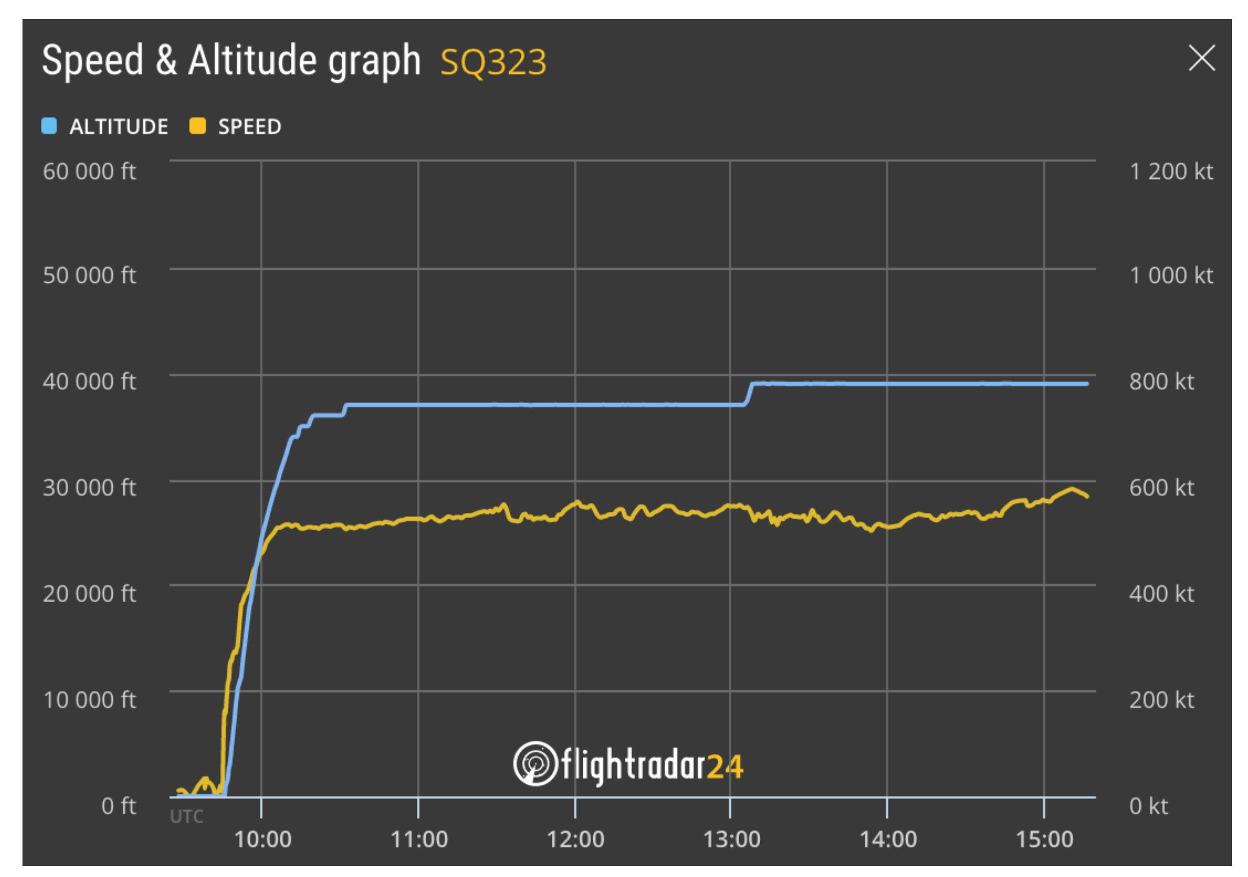


Bild 2.6 Die Geschwindigkeit über Grund und die Flughöhe über der Zeit (Flightradar24 2020e)

Die Angaben des Diagramms aus Bild 2.6 beziehen sich auf den Singapore-Airlines-Flug SQ323 am 23. Januar 2020. Die x-Achse stellt die koordinierte Weltzeit dar. Die Ordinate auf der linken Seite zeigt die kalibrierte Flughöhe zwischen 0 und 60000 ft. Auf der rechten Seite ist die Geschwindigkeit über Grund zwischen 0 und 600 kt aufgetragen. Der gelbe Graph kennzeichnet den Verlauf der Geschwindigkeit über Grund und der blaue Graph den Verlauf der kalibrierten Flughöhe.

2.1.6 Position und zusätzliche Informationen

Der letzte Abschnitt in der Informationsleiste eines jeden ausgewählten Fluges enthält die aktuelle Position des Flugzeugs, angegeben in geografischer Länge und Breite. Ergänzend hierzu werden die ICAO-24-Bit-Adresse und der Transpondercode, ebenso wie die Datenquelle angezeigt.

Anhand des Lufthansa-Fluges LH766 vom 21. September 2019 wird dieser Abschnitt kurz erläutert.

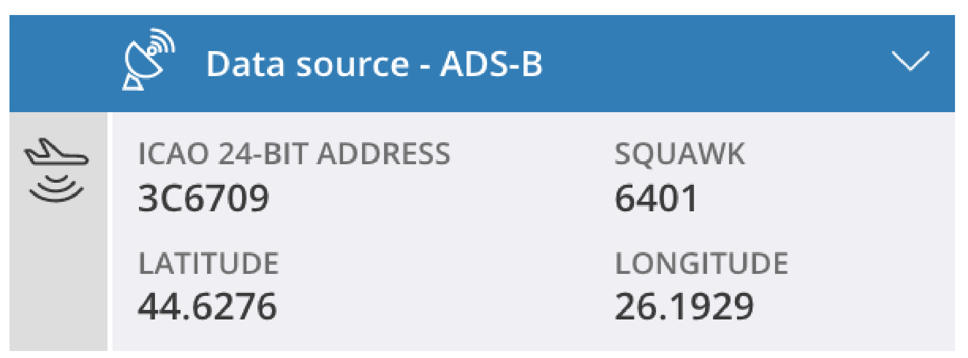


Bild 2.7 Die Aktuelle Position in geografischer Länge und Breite, ICAO-24-Bit-Adresse, Transpondercode und Datenquelle (Flightradar24 2020f)

Der Flug LH766 vom 21. August 2019 befand sich zum Zeitpunkt der Bildschirmaufnahme auf Breitengrad 44°6276‘ und Längengrad 26°1929‘. Die ICAO-24-Bit-Adresse lautet 3C6709 und der Transpondercode ist 6401. Die Daten dieses Fluges werden - wie in Abschnitt 2.1 erklärt - mit einem ADS-B-Empfänger empfangen. Das ist aus dem Bild 2.7 zu entnehmen.

2.2 Flightradar24 Data Services

Die gespeicherten Live-Daten aus der Echtzeitverfolgung werden von Flightradar24 Data Services zur Verfügung gestellt. Es gibt somit eine Vielzahl von Möglichkeiten an Daten von vergangenen Flügen zu gelangen. Flüge können beispielsweise durch das Eingeben in die Suchleiste von Flugrouten, Rufzeichen, Flugnummern, IATA-Codes von Flughäfen gesucht werden. Je nach Abonnement wird dann die Flughistorie der letzten 90 oder 360 Tage angezeigt. Alle in Punkt 2.1 genannten Daten können als CSV- und KML-Dateien heruntergeladen werden. Außerdem kann der Flug samt Geschwindigkeit-Höhen-Zeit-Grafik wiedergegeben werden.

Flight history for aircraft - PR-XTH

AIRCRAFT	TYPE CODE	MODE S
Airbus A350-941	A359	E493BF
AIRLINE	Code	SERIAL NUMBER (MSN)
LATAM Brasil	JJ / TAM	200
OPERATOR	Code	AGE (Mar 2018)
LATAM Brasil	JJ / TAM	1 year

© Delta Papa | Jetphotos
© Antonio Carlos Carvalho Jr. | Jetphotos

DATE	FROM	TO	FLIGHT	FLIGHT TIME	STD	ATD	STA	STATUS			
21 Sep 2019	Sao Paulo (GRU)	Paris (CDG)	LA8108	—	23:35	—	16:05	Estimated departure 23:35			Play
21 Sep 2019	Johannesburg (JNB)	Sao Paulo (GRU)	LA8059	—	12:15	12:17	17:45	Estimated 17:08	KML	CSV	Play
20 Sep 2019	Sao Paulo (GRU)	Johannesburg (JNB)	LA8058	8:26	17:55	18:17	07:20	Landed 07:43	KML	CSV	Play
19 Sep 2019	Orlando (MCO)	Sao Paulo (GRU)	JJ8187	8:29	19:50	19:45	05:40	Landed 05:14	KML	CSV	Play
19 Sep 2019	Sao Paulo (GRU)	Orlando (MCO)	JJ8186	8:11	09:30	09:41	17:20	Landed 16:52	KML	CSV	Play
18 Sep 2019	New York (JFK)	Sao Paulo (GRU)	JJ8181	9:21	18:30	18:52	05:30	Landed 05:13	KML	CSV	Play
17 Sep 2019	Sao Paulo (GRU)	New York (JFK)	JJ8180	9:14	23:00	23:12	07:50	Landed 07:26	KML	CSV	Play

Bild 2.8 Vergangene Flüge des Flugzeugs mit der Registrierung PR-XTH (Flightradar24 2020s)

2.2.1 CSV-Dateien

CSV steht für Kommagetrennte Werte (comma-separated-values) und ist ein Dateiformat, welches das Original einer Tabelle darstellt. Die CSV-Datei zu einem beliebigen Flug ist eine Tabelle mit sieben Spalten. Diese enthalten:

- den Unix-Zeitstempel
- die koordinierte Weltzeit
- das Rufzeichen
- die Position des Flugzeugs in geografischer Länge und Breite
- die Flughöhe in Fuß
- die Geschwindigkeit über Grund in Knoten
- den Kurs der Flugrichtung

Der Unix-Zeitstempel ist eine Zeitangabe, die die vergangenen Sekunden seit dem 01. Januar 1970 zählt. Diese Zeitangabe stellt die Richtigkeit der gespeicherten Daten sicher. Ein Ausschnitt aus der CSV-Datei des China-Airlines Fluges CI64 vom 19. September 2019 ist im Folgenden als Beispiel aufgeführt.

Tabelle 2.1 Ausschnitt aus der CSV-Datei des Fluges CAL64

Zeitstempel	UTC	Rufzeichen	Position [°]	Flughöhe [ft]	GS [kt]	HD [°]
1568888205	2019-09-19T10:16:45Z	CAL064	46.662754,21.567673	35000	568	117
1568888270	2019-09-19T10:17:50Z	CAL064	46.583771,21.787497	35000	567	117
1568888339	2019-09-19T10:18:59Z	CAL064	46.499222,22.020956	35000	565	117

Aus der Tabelle 2.1 lässt sich entnehmen, dass die Daten in einem Abstand von 65 Sekunden von der ersten zur zweiten Zeile und 69 Sekunden von der zweiten zur dritten Zeile aufgezeichnet wurden. Dies geht aus der Differenz der Zeitstempel hervor. In dieser Zeit flog das Flugzeug auf einer konstanten Flughöhe von 35000 ft. Die Geschwindigkeit über Grund nahm von 568 Knoten in der ersten Zeile, über 567 kt in der zweiten Zeile, bis hin zu 565 kt in der dritten Zeile ab. Die Flugrichtung blieb über den Zeitraum von 134 Sekunden unverändert.

2.2.2 KML-Dateien

Die Abkürzung *KML* steht für die Auszeichnungssprache *Keyhole Markup Language*. KML-Dateien dienen zur Beschreibung von geometrischen Daten. Die KML-Dateien zu einem beliebigen Flug enthalten geographische Daten, welche in Programmen wie Google Earth angezeigt werden können. Sofern der gesamte Flug verfolgt wurde, kann er samt farbigem Routenverlauf angezeigt werden. Die Besonderheit ist hierbei, dass mehrere KML-Dateien in Google Earth geöffnet werden und somit die Verläufe angezeigt werden können.

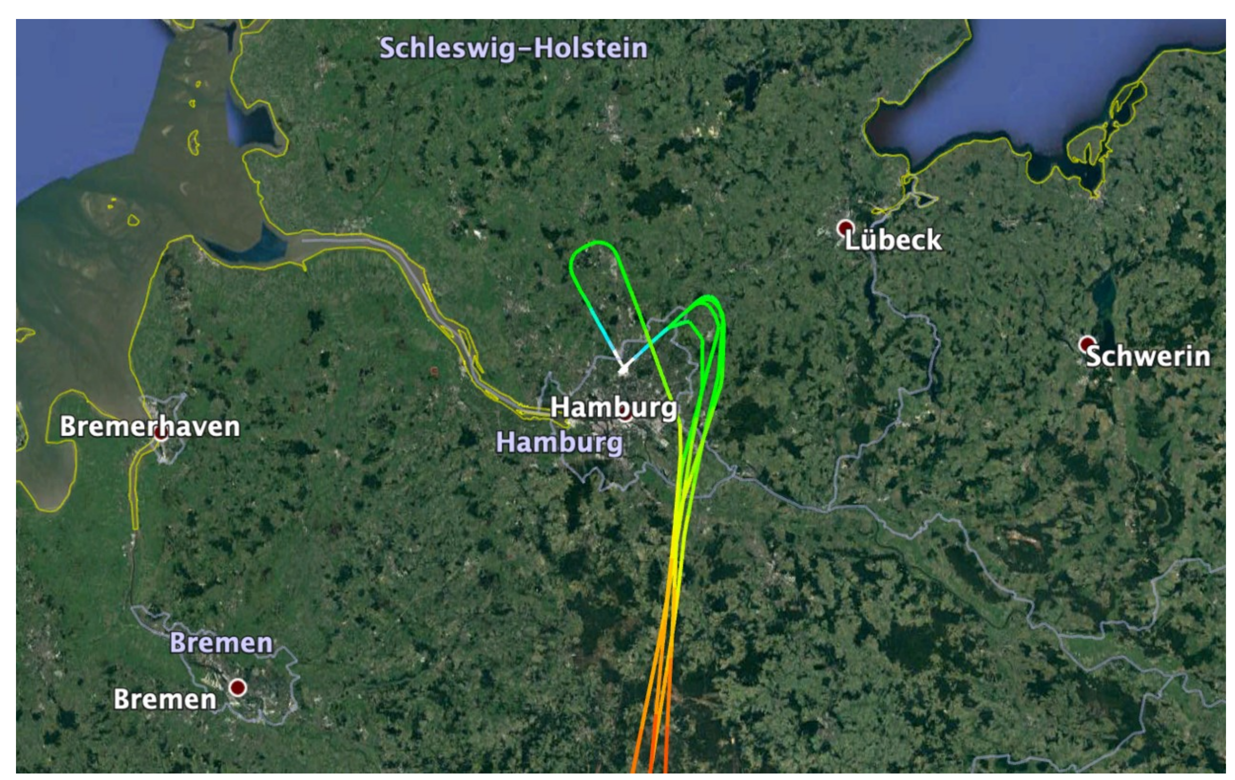


Bild 2.9 Den Flughafen Hamburg-Fuhlsbüttel anfliegende Lufthansa-Flüge LH2 (Flightradar24 2020u)

In Bild 2.9 sind die KML-Dateien der Lufthansa-Flüge LH2 von Frankfurt nach Hamburg zwischen dem 18. September 2019 und dem 22. September 2019 zusammengeführt. Es sind unterschiedliche Anflugrouten erkennbar.

3 The Aviation Herald

Die Online-Plattform *The Aviation Herald* dokumentiert sicherheitsrelevante Vorfälle im Luftverkehr. Auf der Basis eigener Recherchen trägt der Gründer der Webseite relevante Informationen zu den entsprechenden Ereignissen zusammen. (Wikipedia 2020b)

Mit Hilfe der Suchfunktion kann nach in Artikeln vorkommenden Wörtern gesucht werden. Sinnvolle Suchkriterien sind in diesem Fall Fluggesellschaften, Flugzeugregistrierungen, Flugnummern, Flugzeugtypen, Orte der Ereignisse und Daten der Ereignisse.

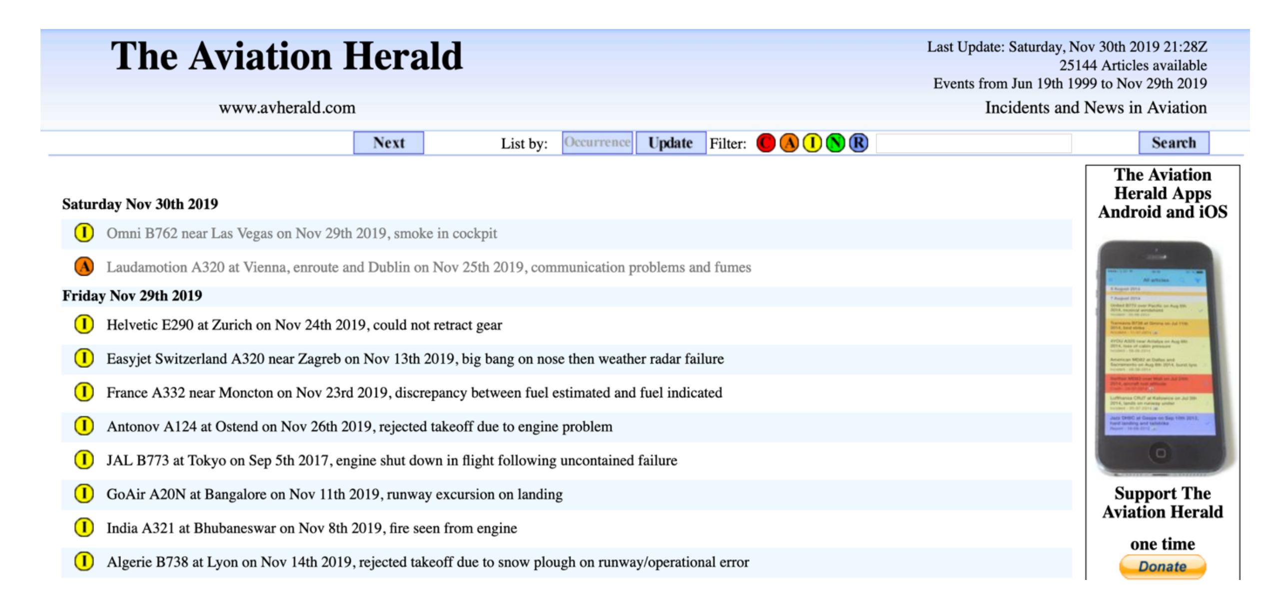


Bild 3.1 Startseite von The Aviation Herald (The Aviation Herald 2020c)

Gleich auf der Startseite sind aktuelle Vorfälle gelistet. Sie können entweder nach dem Datum des Ereignisses oder nach dem Datum der letzten Aktualisierung des Artikels sortiert werden. Die Artikel sind eingestuft in *Crash, Accident, Incident, News* und *Report*.

Nach Hradecky (2020a) sind die Kategorien wie folgt definiert:

- Als Crash werden Ereignisse bezeichnet, die möglicherweise katastrophale Folgen haben könnten, beispielsweise das Nicht-Überleben aller Reisenden.
- Ein Unfall (accident) ist ein Ereignis, bei dem Verletzte oder Tote zu beklagen sind.
- Ein Vorfall (incident) ist ein sicherheitsrelevanter, außergewöhnlicher Vorfall während eines Fluges ohne Verletzte und Tote.
- News sind Artikel über Ereignisse, die keinen direkten Bezug zu sicherheitsrelevanten Vorfällen haben.
- Wenn über bestimmte Ereignisse oder Vorfälle auf The Aviation Herald nicht berichtet wurde und Berichte dieser Ereignisse veröffentlicht werden, gelten die Artikel als Reports.

Mit der Filterfunktion kann nach diesen genannten Kategorien gefiltert werden.

Artikel auf avherald.com sind einheitlich strukturiert geschrieben. Die Überschrift enthält die Kategorie gefolgt von der Fluggesellschaft, dem Ort des Ereignisses, dem Datum und dem einer kurzen Beschreibung der Ursache des Vorfalls. Der Verfasser, das Erstellungsdatum und das Datum der letzten Aktualisierung des Artikels sind unter der Überschrift aufgeführt.

Incident: Spirit A319 at Sacramento on Nov 11th 2019, fumes in cockpit
By Simon Hradecky, created Tuesday, Nov 12th 2019 17:23Z, last updated Tuesday, Nov 12th 2019 17:23Z

A Spirit Airlines Airbus A319-100, registration N510NK performing positioning flight NK-8802 from Sacramento,CA to Las Vegas,NV (USA) with just crew on board, was climbing out of Sacramento's runway 16L when the crew donned their oxygen masks and stopped the climb at about 8000 feet reporting they were working a fumes event in the cockpit. The aircraft returned to Sacramento for a safe landing on runway 16L about 14 minutes after departure and taxied to the apron.

The airport reported the aircraft had had maintenance issues earlier the day and was about to position to Las Vegas, when the aircraft turned around due to the smell of fumes. Emergency services checked and cleared the aircraft. There was smoke in the cockpit. The aircraft carried no passengers.

https://flightaware.com/live/flight/NKS979/history/20191112/0539Z/KSMF/KSMF

Bild 3.2 Beispielartikel von avherald.com (Hradecky 2019c)

Neben der Flugzeugregistrierung und der Flugnummer werden Details zur Flugroute und der Anzahl der Menschen an Bord, geteilt in Passagiere und Crewmitglieder, beschrieben. Je nach Vorfall werden die Ereignisse mal detailreicher und mal detailärmer ausgeführt. Abbildung 11 ist ein Screenshot eines Artikels über ein Fume Event vom 11. November 2019. Im Folgenden wird der englische Text ins Deutsche übersetzt.

„*Ein Airbus A319-100 der Spirit Airlines mit der Registrierung N510NK führte den Flug NK8802 von Sacramento in Kalifornien nach Las Vegas in Nevada durch. An Bord befanden sich ausschließlich Mitglieder der Crew. Während sich das Flugzeug im Steigflug aus der Startbahn 16L befand, setzte die Cockpitcrew die Sauerstoffmasken auf und stoppte den Steigflug auf 8000 Fuß, aufgrund eines Fume Events. Das Flugzeug kehrte etwa 14 Minuten nach dem Start nach Sacramento um, landete sicher auf der Landebahn 16L und rollte auf das Vorfeld. Der Flughafen meldete, das Flugzeug habe am selben Tag ein Problem bei der Instandhaltung gehabt, weshalb es nach Las Vegas überführt werden sollte. Später kehrte es nach dem Start aufgrund von sich bildenden Abgasgerüchen um. Hilfedienste überprüften und räumten das Flugzeug. Es bildete sich Rauch im Cockpit. Es waren keine Passagiere an Bord*.“

Auf den Text des Artikels folgt ein Link, welcher auf eine Flugverfolgungsseite verweist, welche für diese Arbeit nicht weiter relevant ist. Artikel der Kategorie „Incident“ sind in Umfang etwa mit diesem Artikel vergleichbar.

4 CACE

Nach Scholz (2019) tritt ein CACE auf, wenn die Kabinenluft kontaminiert ist. Werden Rauch oder Dämpfe visuell oder Gerüche oder Düfte mit dem Geruchssinn wahrgenommen, oder treten Kombinationen von typischen Symptomen bei Passagieren und Flugbesatzungsmitgliedern auf, kann von einem CACE gesprochen werden.

In typischen Passagierflugzeugen wird in regelmäßigen Abständen Kabinenluft durch Frischluft aus der Umgebung ausgewechselt. Die hier benötigte Frischluft wird aus den Triebwerken der Flugzeuge entnommen. In Reisflughöhen von oft mehr als 10 km ist die Luftdichte so gering, dass Menschen dort nicht problemlos atmen könnten. Daher muss die Luft vor Eintritt in die Kabine verdichtet werden. Zur Ersparung von Gewicht und Mehrkosten durch mehr Komponenten und Systeme für die Klimaanlage werden hierzu die Verdichter aus den Triebwerken genutzt, welche zur Funktion dieser ohnehin benötigt werden. (Scholz 2017)

Der Eintritt von gesundheitsschädlichen Giften, Gerüchen und Gasen ist auf die Inhaltsstoffe der Öle die zur Schmierung und Abdichtung der Lager zurückzuführen. Bei den häufig verwendeten Labyrinthdichtungen wird der Austritt von Ölen nur durch das Hineinblasen von Luft in die Spalte der Dichtungen verhindert. Ein vollständiges Verhindern des Austretens von Ölen ist damit aber nicht möglich. (Scholz 2017)

Bei Auftreten solcher CACE meldeten Piloten, Passagiere und Mitglieder der Kabinenbesatzungen nach Spritzendorfer (2019) folgende Beschwerden:

- Augenbrennen
- Benommenheit
- Händezittern
- Kopfschmerzen
- Schwindel
- Übelkeit

Sie entsprechen den Symptomen einer Multiplen Chemikaliensensitivität, welche als physische Krankheit voll anerkannt wird.

4.1 CACE im Flugbetrieb

Im alltäglichen Flugbetrieb wird ein CACE entweder durch Passagiere oder Besatzungsmitglieder erkannt und an die Piloten weitergeleitet oder durch Piloten selbst erkannt. Die Folge eines CACEs ist abhängig davon, ob die Ursache des Rauches oder der Gerüche sofort er-

sichtlich ist und ob das weitere Auftreten von Rauch und Gerüchen sofort unterbunden werden kann. (Airbus 2013)

Bis 2002 wurde in der Handlungsvorschrift der A320-Familie von Airbus zwischen sechs unterschiedlichen Prozeduren bei CACE unterschieden. Die Piloten hatten so zunächst die Aufgabe festzustellen wo der Rauch und die Gerüche herkamen. Es gab die Möglichkeiten *Cargo, Lavatory, Crew Rest Compartments, Avionics, Air Condition* und *Cabin Equipment*. Da es schwierig sein kann zwischen den Ursachen zu unterscheiden, wurden die Prozeduren zu einer Prozedur zusammengefasst. Hauptbestandteil dieser neuen Prozedur ist die Fragestellung, ob das Auftreten des Rauches und der Gerüche sofort zu unterbinden ist. Ferner ist in jedem Fall eine sofortige Landung einzuleiten. (Tofighi-Niaki 2013)

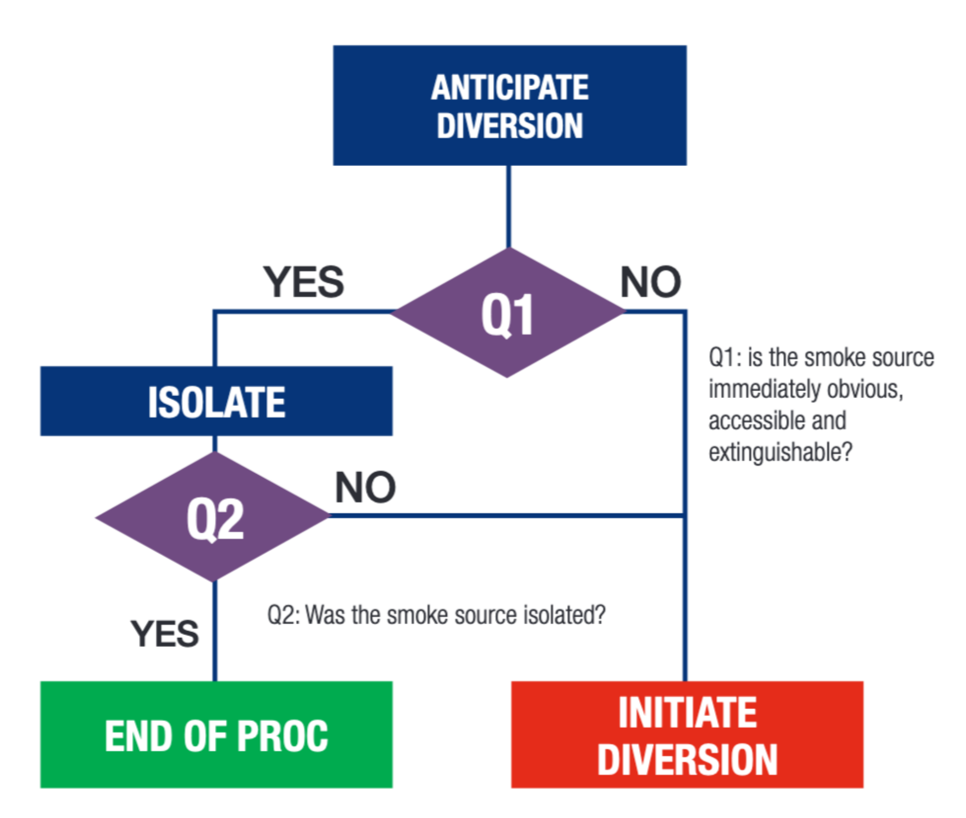


Bild 4.1 Darstellung der Vorgehensweise bei einem CACE (Airbus 2013)

Bild 4.1 zeigt die richtige Entscheidungsfindung der Flugbesatzung beim Auftreten eines CACEs. Zunächst muss davon ausgegangen werden, dass eine Ausweichlandung durchgeführt wird. Anschließend ist die Frage zu klären, ob der Ursprung des Rauches sofort auszumachen und zugänglich ist und ob dem Auftreten von Rauch und Gerüchen ein Ende gesetzt werden kann. Ist dies nicht der Fall, so ist sofort eine Ausweichlandung einzuleiten. Ansonsten muss versucht werden den Ursprung zu isolieren. Gelingt dies nicht, ist wieder eine sofortige Ausweichlandung einzuleiten. Wenn der Ursprung isoliert wurde ist die Prozedur beendet und der Flug kann fortgesetzt werden.

Nach einen CACE wird seitens des Herstellers Airbus eine Wartung des betroffenen Flugzeugs empfohlen. Die Wartungsanweisung Airbus (2013) schreibt im Falle einer schweren Kontamination der Kabinenluft, unabhängig der Ursache folgende Aktionen vor:

- Manuelles Reinigen von sichtbarer Ölkontamination
- Entfernen der beiden Auslassgebläse und Untersuchen des Kondensators
- Entfernen der Rezirkulationsgebläse und Reinigen der Mischereinheit
- Erneute Untersuchung des Kondensators
- Entfernen aller Wärmetauscher und Reinigung aller Leitungen

Zusätzlich zu diesen Aktionen sind kalte und warme Entlüftungen beider Klimaaggregate vorgeschrieben. Sie sollen jeweils 15 Minuten dauern.

Eine Schwere Kontamination unterscheidet sich von einer leichten Kontamination durch die Sichtbarkeit von Ölresten im Inneren der Leitungen. Klimaleitungen sind in der Kabine nicht sichtbar. Sie sind hinter den Verkleidungen der Flugzeugkabine verbaut. Es stellt sich also als schwierig heraus alle Ölreste zu entdecken und zu reinigen. Dies würde nahezu das komplette auseinanderbauen der Kabine bedeuten. Ob das innerhalb kurzer Zeit zu schaffen ist, ist fraglich.

Diese Behauptung wird gestützt durch das Bild 4.2, welches zeigt wie Klimarohre im Flugzeug verbaut sind. Es wird deutlich, dass nur zum Hervorbringen dieser bereits alle Sitze und Seitenverkleidungen der Kabine ausgebaut sind. Will man nun all diese Rohre von Innen reinigen, müssten allein in der Kabine alle Sitze ausgebaut werden, die Seitenverkleidungen entfernt werden und die Klimarohre abmontiert werden. Die Klimarohre verlaufen allerdings nicht nur an den Seitenschalen des Flugzeugs entlang, sondern auch im Deckenbereich oder am Frachtraum. Es wird schnell klar, dass das Herstellen der Zugänglichkeit aller Klimarohre – und das müsste passieren, da die Ölreste überall verteilt sein können – immense Kapazitäten einfordern würden. Der Zeitaufwand hierfür wäre vergleichbar mit dem eines D-Checks[1].

Nachdem Hervorbringen der Rohre ist die nächste Herausforderung das Reinigen des Inneren. Nach SWR (2019) wird deutlich, dass das unmöglich ist, da erstens das Innere der Klimarohre nicht zugänglich ist und zweitens durch die wellige Form ungeeignet für eine Reinigung ist. Eine Alternative hierzu wäre ein kompletter Austausch aller Klimarohre. Eine Zeitersparnis kann somit allerdings nicht erreicht werden, weil auch hier wieder die gesamte Kabine auseinandergebaut werden müsste.

[1] Grundüberholung eines Passagierflugzeugs, die etwa alle sechs bis zehn Jahre ansteht. (Wikipedia 2020f)



Bild 4.2 Klimarohre kommen nach Ausbau der Sitze und Kabinenverkleidung zum Vorschein (Scholz 2021)

4.2 Beobachtungen auf Flightradar24

4.2.1 Sofortige Rückkehr zum Startflughafen

Ein Fall bei dem ein Flug sofort nach dem Start zum Startflughafen zurückgekehrt ist, ist der British-Airways-Flug BA902 vom 20. Dezember 2019. Das CACE trat laut The Aviation Herald (2020) im Steigflug im Cockpit auf.

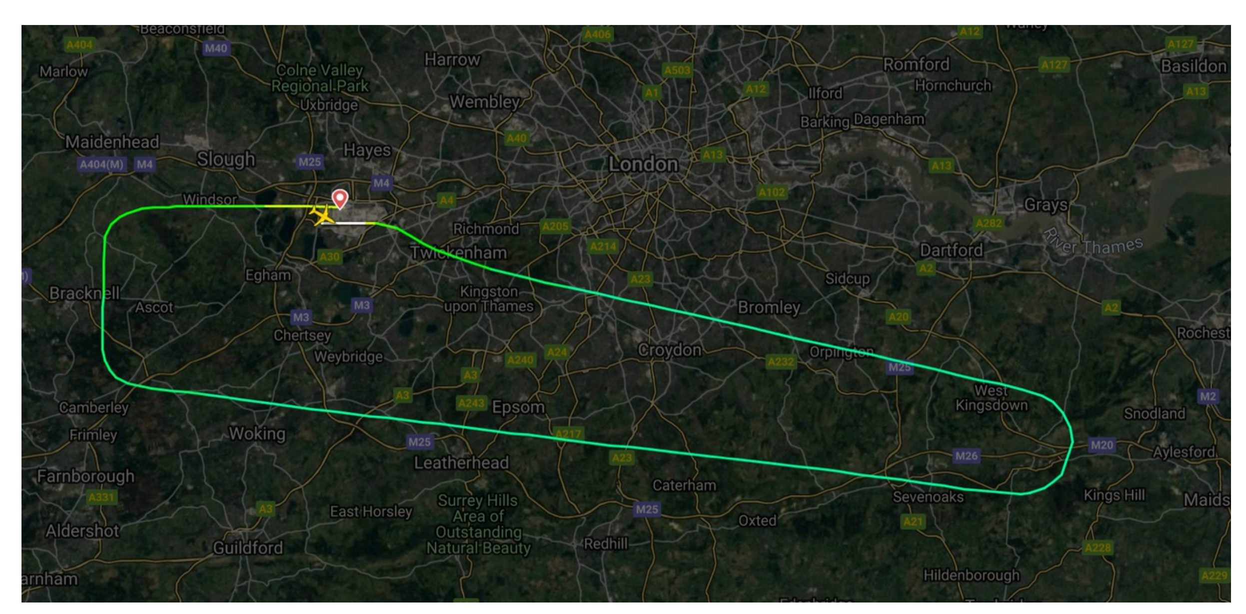


Bild 4.3 Die Flugroute des Fluges BA902 vom 20. Dezember 2019 (Flightradar24 2020i)

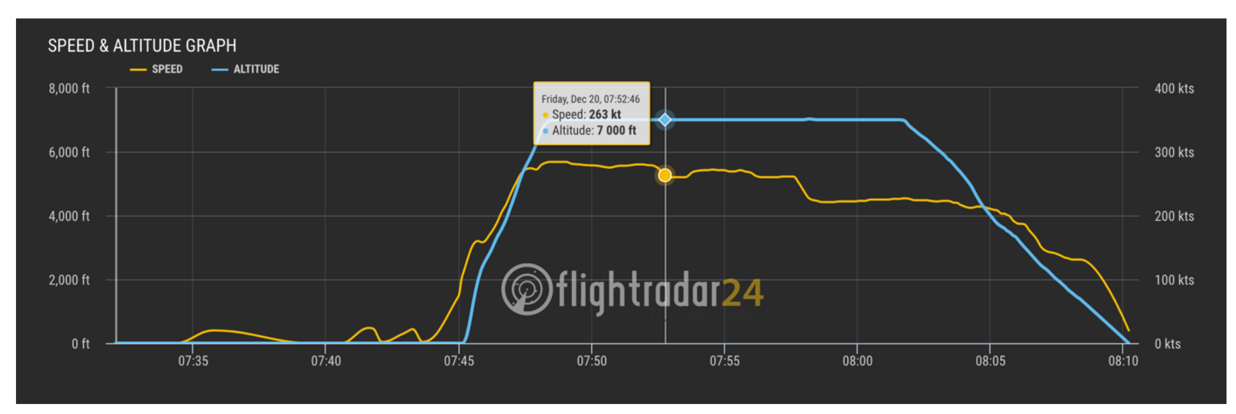


Bild 4.4 Die Flughöhe und Geschwindigkeit über Grund über der Zeit des Fluges BA902 vom 20.12.2019 (Flightradar24 2020j)

Das Bild 4.1 zeigt die geflogene Route des genannten Fluges. Es ist zu erkennen, dass kurz nach dem Start des Fluges am Flughafen London-Heathrow eine Rückkehr eingeleitet und vollzogen wurde. Das Bild 4.2 zeigt, dass die maximale Flughöhe des Flugzeugs 7000 ft nicht überschritt. Ferner ist dem Diagramm zu entnehmen, dass das Flugzeug 25 Minuten nach dem Start am Ausgangspunkt landete.

4.2.2 CACE während des Reisefluges

Ein Beispiel für ein CACE während des Reisefluges ist der American-Airlines-Flug AA4 am 21. August 2019. The Aviation Herald (2019) zufolge, flog das Flugzeug mit der Registrierung N112AN vom Flughafen Los Angeles zum Flughafen New York John F. Kennedy und befand sich auf einer Flughöhe von 33000 ft rund 30 NM westlich von Abilene im US-Bundesstaat Texas.

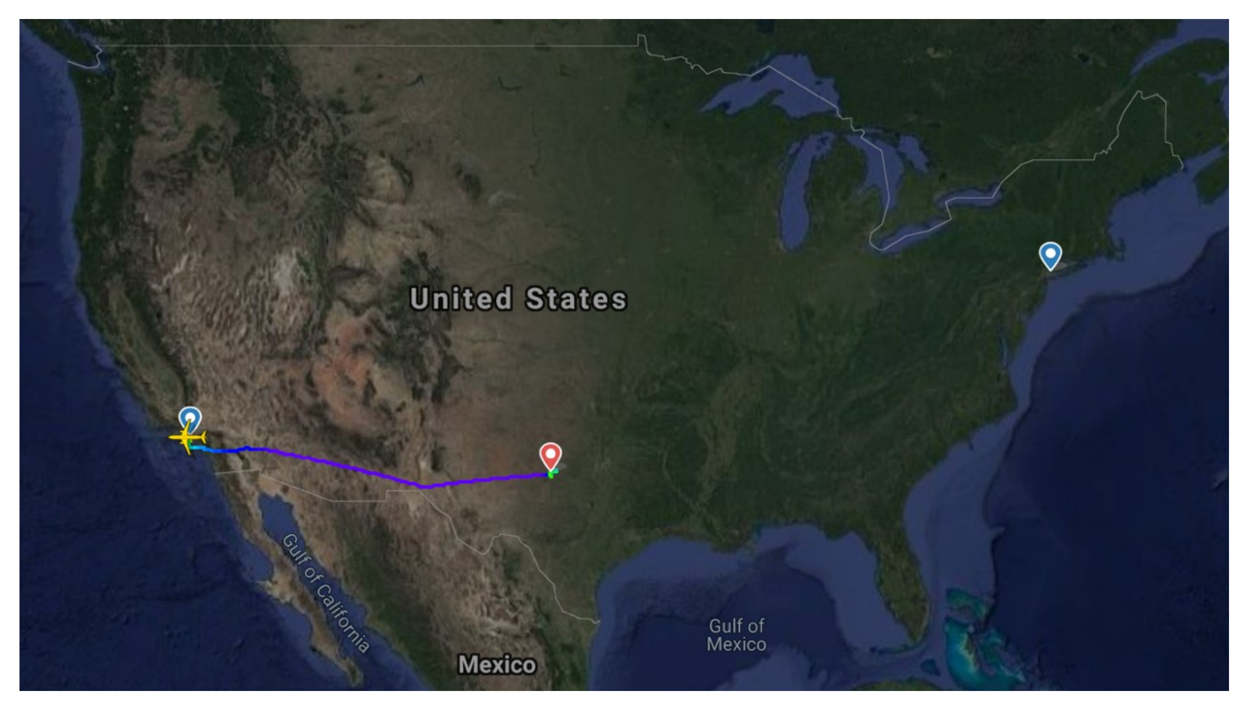


Bild 4.5 Die Flugroute des American-Airlines-Fluges AA4 am 21. August 2019 (Flightradar24 2020m)

Das Bild 4.3 zeigt die tatsächlich geflogene Flugroute des Fluges AA4 vom 21. August 2019. Geplante Start- und Langeflughäfen sind mit blauen Markierungen gekennzeichnet. Der tatsächliche Ausweichflughafen Abilene hat eine rote Markierung. Der Farbverlauf und die große Entfernung lassen andeuten, dass das CACE auf diesem Flug während des Reisefluges auftrat. Eine sofortige Sicherheitslandung zu einem Flughafen in der Nähe ist die Lösung der Flugbesatzung auf das CACE gewesen. Das ist auch aus dem Artikel zu dem Vorfall aus The Aviation Herald (2020) zu entnehmen.

4.2.3 CACE während des Landeanflugs

Wenn ein CACE während des Landeanflugs passiert wird der Landeanflug auf den Zielflughafen sinnvollerweise fortgeführt. Ein Beispiel hierfür ist der British-Airways-Flug BA851 am 23. Juni 2019. Nach dem Erscheinen von Gerüchen im Cockpit setzten die Piloten ihre Sauerstoffmasken auf und setzten den Landeanflug auf den Flughafen London-Heathrow fort.

Es gibt keine Angaben für diesen Fall über den genauen Zeitpunkt oder die genaue Flughöhe, bei der das CACE auftrat. (The Aviation Herald 2020)

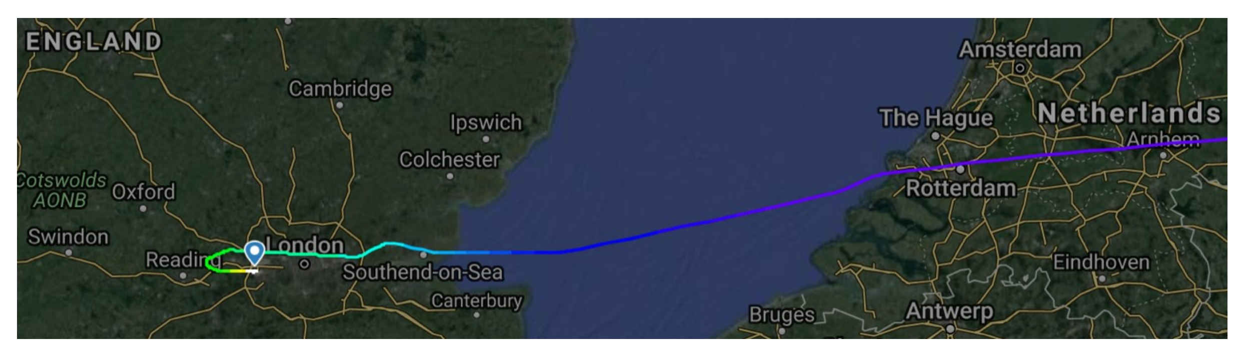


Bild 4.6 Die Anflugroute des Fluges BA851 am 23. Juni 2019 (Flightradar24 2020k)

Bild 4.4 ist eine Bildschirmaufnahme aus Flightradar24 und zeigt, dass es keine Auffälligkeiten während des Landeanflugs des Fluges BA851 gab. Er erscheint wie ein gewöhnlicher Landeanflug.

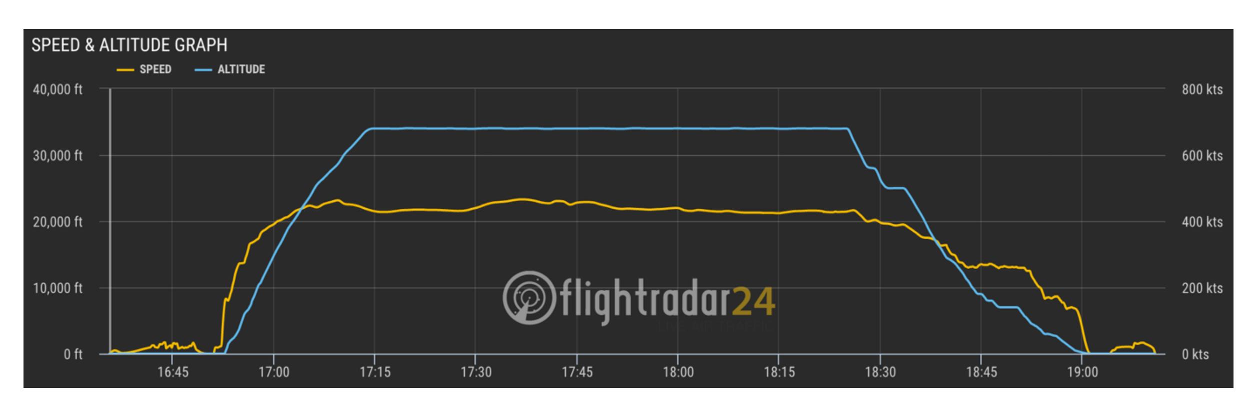


Bild 4.7 Die Flughöhe und Geschwindigkeit über Grund des Fluges BA851 am 23. Juni 2019 (Flightradar24 2020l)

Bild 4.5 zeigt ein Diagramm, welches die Flughöhe und die Geschwindigkeit über Grund über Zeit des Fluges BA851 am 23. Juni 2019 darstellt. Auffälligkeiten oder Besonderheiten sind auch hier nicht zu sehen.

5 Erstellung einer Statistik zu CACE

Zur Erstellung einer Statistik zu CACE werden in dieser Arbeit die Online-Plattformen Flightradar24, The Aviation Herald und die Anwendungen Microsoft Excel und Text Editor zur Hand genommen. In diesem Abschnitt wird Schritt für Schritt erklärt wie aus der Liste der Suchergebnisse im The Aviation Herald eine Pivot-Tabelle erstellt wird.

5.1 Auswahl der relevanten CACE

Mit dem Stand vom 22. Januar 2020 beinhaltet die Datenbank von The Aviation Herald 25368 Artikel zu sicherheitsrelevanten Vorfällen im Luftverkehr. (The Aviation Herald 2020c)

Mit der Suchfunktion können die Artikel auf die für diese Arbeit relevanten CACE reduziert werden. Der in Abschnitt 4 erklärte und von Scholz (2019) definierte Begriff CACE ist in The Aviation Herald nicht gängig und bringt keine Ergebnisse.

Zunächst wird die englische Übersetzung für Rauch also *smoke* als Suchbegriff untersucht, da Rauch ein wichtiger Indikator für ein CACE sein kann. Jedoch liefern die Ergebnisse des Suchbegriffes *smoke* meist Ereignisse in denen unter anderem die Fluginstrumente den Piloten, teilweise fehlerhaft, Rauchalarme der Toiletten und des Frachtraumes angezeigt wurden. Tritt im Zuge dessen tatsächlich Rauch auf, umfasst der Begriff CACE auch diese Ereignisse. Jedoch kommen sie in den Ergebnissen nur vereinzelt vor und sind zum Aufbau einer Statistik zu CACE somit kaum zu gebrauchen.

Als Nächstes werden die englischen Übersetzungen des Begriffs Geruch, also *smell* und *odor* untersucht. Das Eingeben dieser Suchbegriffe zeigt bereits viele Artikel, die auf ein CACE hinweisen. Der Begriff *fumes* kommt hierbei schon deutlich häufiger vor und die Anzahl an Überschriften, die nicht auf ein CACE deuten lassen, wird weniger.

Gibt man nun den Suchbegriff *fumes* in die Suche ein, scheint die Liste der Ergebnisse einheitliche Ereignisse aufzuzeigen. Es haben sich hier kaum andere Begriffe in die Überschriften verirrt. Auch ein Einblick in die Artikel zeigt, dass alle die meisten Ereignisse ein CACE beschreiben.

Artikel mit dem Suchbegriff *fumes* sind zum Aufbau der Statistik zu CACE gut geeignet und werden für diese Arbeit genutzt. Treten später noch Ereignisse auf die offensichtlich kein CACE darstellen, können diese auch noch im Nachhinein aus der Statistik entfernt werden.

Search results for "fumes"

- Commut E145 at Portland on Dec 30th 2019, rejected takeoff due to smoke on flight deck
- Lufthansa A319 at Munich on Dec 20th 2019, fumes injure 4 crew
- British Airways A319 at London on Dec 20th 2019, fumes on the flight deck
- Tiger A320 near Melbourne on Dec 12th 2019, fumes in cabin
- GoAir A20N at Singapore on Dec 9th 2019, fumes on board
- PSA CRJ2 at Washington on Dec 9th 2019, fumes in cabin
- Laudamotion A320 at Vienna, enroute and Dublin on Nov 25th 2019, communication problems and fumes
- Spirit A321 near Grand Cayman on Nov 25th 2019, noisy overhead panel, fumes in cockpit
- Spirit A319 at Sacramento on Nov 11th 2019, fumes in cockpit
- Canada Rouge A320 at Los Angeles on Nov 5th 2019, fumes and smoke in cabin
- Swiss A321 near Zurich on Nov 4th 2019, fumes on board
- British Airways A320 at Paphos on Oct 19th 2019, fumes in cockpit, both pilots partially incapacitated
- Canada E190 at Toronto on Oct 6th 2019, fumes in cockpit
- Delta B763 over Atlantic on Oct 1st 2019, electrical odour on board
- British Airways A320 at London on Sep 23rd 2019, smoke in cabin

Bild 5.1 Ein Ausschnitt aus der Liste der Suchergebnisse zum Suchbegriff *fumes* (The Aviation Herald 2020b)

Wie bereits erwähnt, muss allerdings nochmal genauer geschaut werden, ob tatsächlich jeder Artikel ein CACE beschreibt, welcher in dieser Statistik auftauchen soll. Darauf wird im Laufe der Arbeit noch eingegangen.

5.2 Übertragen und Formatieren der Daten in *Editor*

Die in Abschnitt 3 erläuterten Informationen aus der Überschrift eines Artikels in The Aviation Herald liefern bereits für eine Statistik sehr wertvolle Daten. Daher werden alle Artikel aus den
Suchergebnissen kopiert und in eine leere Editor-Datei eingefügt.

```
Commut E145 at Portland on Dec 30th 2019, rejected takeoff due to smoke on flight deck

Lufthansa A319 at Munich on Dec 20th 2019, fumes injure 4 crew

British Airways A319 at London on Dec 20th 2019, fumes on the flight deck

Tiger A320 near Melbourne on Dec 12th 2019, fumes in cabin

GoAir A20N at Singapore on Dec 9th 2019, fumes on board

PSA CRJ2 at Washington on Dec 9th 2019, fumes in cabin
```

Bild 5.2 In TextEdit kopierte Artikelüberschriften

Bild 5.2 veranschaulicht die ersten sechs Artikel die bei der Suche nach „fumes“ am 04. Januar 2020 angezeigt wurden, nachdem sie in The Aviation Herald kopiert und in *Editor* eingefügt wurden.

Zur Vereinfachung des Datenimports in die Anwendung Excel sind die Schlagwörter in den Überschriften durch Trennzeichen zu trennen. Es wurde hier die Trennung durch Semikola gewählt. Durch die Funktion „Suchen und Ersetzen“ können Leerzeichen durch Semikola ersetzt werden. Somit erhält jede Zeile das richtige Format, um in Excel mit Spaltentrennung formatiert zu werden.

```
Commut;E145;at Portland;on Dec 30th 2019;rejected takeoff due to smoke on flight deck

Lufthansa;A319;at Munich;on Dec 20th 2019;fumes injure 4 crew

British Airways;A319;at London;on Dec 20th 2019;fumes on the flight deck

Tiger;A320;near Melbourne;on Dec 12th 2019;fumes in cabin

GoAir;A20N;at Singapore;on Dec 9th 2019;fumes on board

PSA;CRJ2;at Washington;on Dec 9th 2019;fumes in cabin
```

Bild 5.3 Ein Ausschnitt aus der formatierten Textdatei

Das Bild 5.3 zeigt die ersten sechs Zeilen der formatierten Textdatei. Die getrennten Schlagwörter beinhalten die Fluggesellschaft, den Flugzeugtypen, den Ort des Ereignisses, das Datum des Ereignisses und die Kurzbeschreibung des Ereignisses. Die Textdatei ist jetzt fertig, um in Excel importiert zu werden.

5.3 Import der Textdatei in Excel und weitere Informationen

Die Datei aus *Editor* ist mit der Funktion „Importieren“ in Excel zu importieren. Der Dateityp, der in diesem Fall importiert wird, ist eine Textdatei. Die Textdatei ist mit Trennzeichen versehen, daher ist auch diese Option im nächsten auftauchenden Fenster zu wählen. Nach einem Klick auf „Weiter“ muss das Trennzeichen, das in der gewählten Datei vorkommt, angeklickt werden. In diesem Fall ist es das Semikolon. Die letzte auszuwählende Option ist das Zellenformat. Welches Format hier gewählt wird macht zunächst keinen Unterscheid, da die Spalten später unterschiedliche Formate haben werden.

Tabelle 5.1 Die ersten sechs Zeilen der importierten Tabelle

Commut	E145	at Portland	on Dec 30th 2019	rejected takeoff due to smoke on flightdeck
Lufthansa	A319	at Munich	on Dec 20th 2019	fumes injure 4 crew
British Airways	A319	at London	on Dec 20th 2019	fumes on the flight deck
Tiger	A320	near Melbourne	on Dec 12th 2019	fumes in cabin
GoAir	A20N	at Singapore	on Dec 9th 2019	fumes on board
PSA	CRJ2	at Washington	on Dec 9th 2019	fumes in cabin

Die Tabelle 5.1 ist ein Auszug aus der formatierten Textdatei im Tabellenformat. In dieser Form enthält sind die ersten drei Spalten bereits für eine Statistik brauchbar. Das Datum und die Kurzbeschreibung müssen noch weiterbearbeitet werden.

Um das Datum in eine nützliche Form in Excel zu bringen, müssen der Tag, der Monat und das Jahr jeweils in einer eigenen Spalte stehen. Durch das Entfernen der Wörter *on* und der englischen Beiwörter *st*, *nd* und *rd* und mit der Funktion *Ersetzen* und der Funktion *Text in Spalten* in der Rubrik *Daten* kann der Tag, der Monat und das Jahr in eine eigene Spalte gebracht werden. Das Hinzufügen einer neuen Spalte und das Versehen dieser mit der DATUM-Funktion bringt das gewünschte Datumsformat. Die Tabelle 5.2 veranschaulicht diesen Schritt.

Tabelle 5.2 Ein Auszug aus der Statistik mit dem formatierten Datum

Tag	Monat	Jahr	Datum
30	12	2019	30.12.19
20	12	2019	20.12.19
20	12	2019	20.12.19
12	12	2019	12.12.19
9	12	2019	09.12.19
9	12	2019	09.12.19

Zur Kategorisierung der CACE nach Flugzeugherstellern, kann mithilfe der SVERWEIS-Funktion eine weitere Spalte hinzugefügt werden, die den Flugzeugtypen dem dazugehörigen Hersteller zuordnet. Dazu muss zunächst manuell der Hersteller zu jedem Typen in einer separaten Tabelle eingetragen werden. Anschließend kann eine neue Spalte in der Tabelle der Rohdaten hinzugefügt werden. Unter Verwendung der SVERWEIS-Funktion ist jetzt auch der Hersteller in der Statistik vertreten.

Nach Bearbeiten der Kopfzeile und Eintragen der Spaltenüberschriften besteht die Statistik aus den folgenden Spalten:

- Fluggesellschaft
- Flugzeugtyp
- Hersteller
- Ort
- Tag
- Monat
- Datum
- Kurzbeschreibung

Diese Informationen sind allein aus den Überschriften der Artikel aus The Aviation Herald entnommen.

5.4 Informationen aus The-Aviation-Herald-Artikeln

Eine weitere relevante Information für die Statistik ist die Flugzeugregistrierung. Somit kann erfahren werden, ob ein Flugzeug an mehreren CACE beteiligt war. Die Registrierung ist, wie in Abschnitt 3 beschrieben, aus den The-Aviation-Herald-Artikeln zu entnehmen und wird in eine neue Spalte eingetragen.

Die Informationen der Flugnummer und der Flugroute werden aufgrund geringer Bedeutung für die Statistik nicht weiter berücksichtigt.

5.5 Informationen aus Flightradar24

Aus Flightradar24 werden die restlichen wichtigen Daten zum Aufbau der Statistik entnommen. Dazu gehören das Datum und die Uhrzeit der Landung nach Auftreten des CACEs, das Datum und die Uhrzeit der Rückkehr des Flugzeugs in den Flugbetrieb und die Liegezeit des Flugzeuges nach dem Ereignis. Hierbei ist jede Uhrzeit einheitlich in der koordinierten Weltzeit einzutragen. Folglich ist sichergestellt, dass die Werte der Liegezeiten korrekt sind, auch wenn Start- und Zielflughafen in unterschiedlichen Zeitzonen liegen.

Während dem Verfassen dieser Arbeit war es durch die benutzte Mitgliedschaft **möglich Daten aus Flightradar24 aus den letzten 365 Tagen zu beziehen**. Infolgedessen wurden in Abschnitt 5.5 nur **CACE ab dem 01. Januar 2019 untersucht**.

5.5.1 Landung nach CACE

Zur Ermittlung der Uhrzeit der Landung nach dem CACE ist zunächst die Suchfunktion von Flightradar24 zu verwenden. Das Eintragen der Registrierung des Flugzeugs, oder der Flugnummer, liefert eine Liste aller vergangenen Flüge in den letzten 365 Tagen. Es ist in der Liste der Flug des CACEs zu finden. Der richtige Flug, bei dem das CACE auftrat, ist anzuwählen. Es erscheint eine Kartendarstellung der abgeflogenen Route, sowie die Wiedergabe des Fluges.

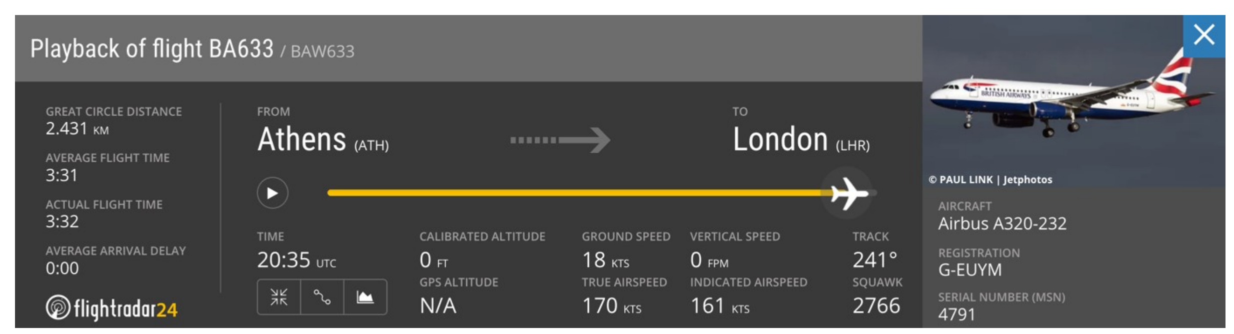


Bild 5.4 Der Zeitpunkt der Landung des Fluges BA633 am 02. Januar 2020 (Flightradar24 2020n)

Aus dem Bild 5.4 ist zu entnehmen, dass nach dem Schieben des Schiebereglers auf den Zeitpunkt, an dem das Flugzeug eine Höhe von 0 ft erreicht, die Uhrzeit der Landung in koordinierter Weltzeit abgelesen werden kann. Diese wird samt Datum in eine neue Spalte der Statistik eingetragen.

5.5.2 Rückkehr in den Flugbetrieb, Sicherheitslandung, Überführungsflug

Das Datum und die Uhrzeit der Rückkehr in den Flugbetrieb eines von einem CACE betroffenen Flugzeugs wird auf ähnliche Art und Weise ermittelt wie die Landung nach dem CACE. Nach Eingabe der Flugzeugregistrierung in die Suchleiste ist in der Liste der vergangenen Flüge das Datum des CACEs zu finden.

07 Jan 2020	London (LHR)	Vienna (VIE)	BA704	1:58	14:20	14:51	17:35	Landed 17:49	KML	CSV	Play
07 Jan 2020	Barcelona (BCN)	London (LHR)	BA479	2:14	11:40	11:47	13:10	Landed 13:01	KML	CSV	Play
07 Jan 2020	London (LHR)	Barcelona (BCN)	BA478	1:31	07:50	08:07	10:55	Landed 10:37	KML	CSV	Play
02 Jan 2020	Athens (ATH)	London (LHR)	BA633	3:32	18:45	19:03	20:45	Landed 20:35	KML	CSV	Play
02 Jan 2020	London (LHR)	Athens (ATH)	BA632	3:12	12:10	12:44	17:50	Landed 17:55	KML	CSV	Play

Bild 5.5 Liste der vergangenen Flüge des Flugzeugs mit der Registrierung G-EUYM (Flightradar24 2020p)

Das Bild 5.5 zeigt die Liste der vergangenen Flüge des Flugzeugs mit der Registrierung G-EUYM. Es ist erkennbar, dass das Flugzeug zwischen dem 02. Januar 2020 und dem 07. Januar 2020 nicht flog. Diese Ansicht zeigt die Uhrzeiten nur als Ortszeiten an. In diesem Fall würde die Berechnung der Liegezeit auch mit den Angaben der Ortszeit funktionieren, da das Flugzeug nach dem CACE in London landete und auch dort wieder in den geregelten Flugbetrieb einstieg. Die Uhrzeit der Rückkehr in den Flugbetrieb erhält man nach einem Klick auf die Flugwiedergabe. Der Regelschieber wird auf den Zeitpunkt geschoben, an dem das Flugzeug anfängt an Höhe zu gewinnt und die Uhrzeit ist in koordinierter Weltzeit abzulesen. Dieser Schritt wird in Bild 5.6 deutlich.

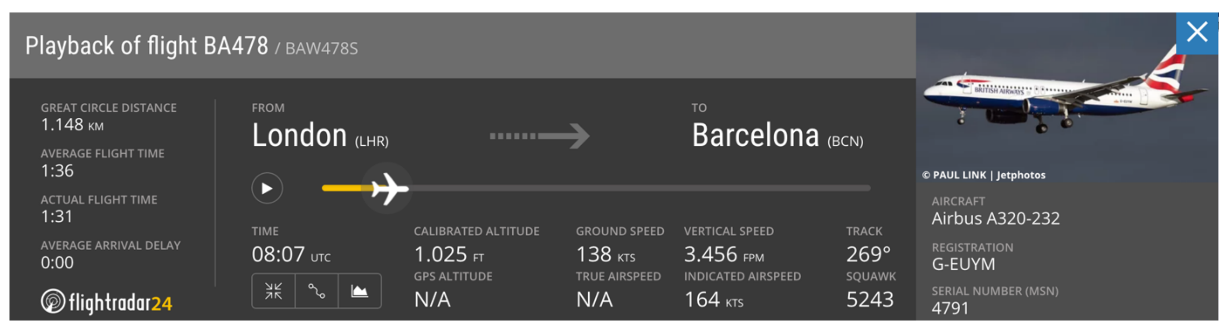


Bild 5.6 Zeitpunkt der Rückkehr in den Flugbetrieb des Flugzeuges mit der Registrierung G-EUYM nach einem CACE (Flightradar24 2020q)

Um 08:07 Uhr koordinierter Weltzeit ist die Rückkehr in den Flugbetrieb in der Statistik aufzunehmen.

Der nächste Flug nach dem CACE ist allerdings nicht immer gleichzeitig auch die Rückkehr in den Flugbetrieb. Landeten Flugzeuge nach einem CACE nicht auf ihrem Basisflughafen, mussten sie nach erneutem Erreichen der Lufttüchtigkeit ein Überführungsflug zur Basis durchführen. Solche gelten nicht als Rückkehr in den Flugbetrieb.

27 Apr 2019	Toronto (YYZ)	Palm Springs (PSP)	AC1827	4:45	09:15	09:29	11:22	Landed 11:14	KML	CSV	▶ Play
24 Apr 2019	Raleigh-Durham (RDU)	Toronto (YYZ)	RV7096	1:23	11:30	12:09	13:35	Landed 13:32	KML	CSV	▶ Play
23 Apr 2019	Kingston (KIN)	Toronto (YYZ)	AC1803	12:09	13:55	13:52	18:48	Landed 03:01	KML	CSV	▶ Play

Bild 5.7 Flüge des Flugzeugs mit der Registrierung C-GKOB am 23. April, 24. April und 25. April 2019 (Flightradar24 2020o)

Das Bild 5.7 ist ein Beispiel für diesen Fall. Der Air-Canada-Rouge-Flug AC1803 vom 23. April 2019, durchgeführt von dem Flugzeug mit der Registrierung C-GKOB, landete nach einem CACE um etwa 22 Uhr koordinierter Weltzeit in Raleigh/Durham in den Vereinigten Staaten. Der darauffolgende Flug ist ein Überführungsflug mit der Flugnummer RV7096 nach Toronto, Kanada. Überführungsflüge sind erkennbar durch die Flugnummer, die im Vergleich zu den vorherigen und nächsten Flügen deutlich abweicht. Überführungsflüge haben meist hohe Flugnummern. Außerdem wird deutlich, dass das Flugzeug zum eigentlichen Zielflughafen überführt wird.

28 Dec 2019	Orlando (MCO)	Bridgetown (BGI)	B763 (C-GHLV)	3:12	10:45	13:28	17:41	Landed 17:40	KML CSV ▶ Play
18 Dec 2019	Toronto (YYZ)	Montreal (YUL)	A321 (C-GJTX)	0:50	07:00	08:01	08:51	Landed 08:50	KML CSV ▶ Play
17 Dec 2019	Toronto (YYZ)	Varadero (VRA)	A319 (C-FYJP)	3:38	08:00	10:36	14:10	Landed 14:14	KML CSV ▶ Play
13 Dec 2019	Montreal (YUL)	Toronto (YYZ)	A321 (C-GHQG)	0:54	09:00	09:15	10:17	Landed 10:09	KML CSV ▶ Play
05 Dec 2019	Toronto (YYZ)	Montreal (YUL)	B763 (C-FIYE)	0:51	22:15	22:50	23:41	Landed 23:40	KML CSV ▶ Play

Bild 5.8 Flüge mit der Flugnummer RV7096 im Monat Dezember 2019 (Flightradar24 2020r)

Die Liste der letzten Flüge mit der gleichen Flugnummer wie die des Überführungsfluges zeigt, dass diese Flüge von unterschiedlichsten Flugzeugtypen mit unterschiedlichsten Start- und Zielflughäfen zu verschiedensten Uhrzeiten waren. Das sind deutliche Hinweise auf Überführungsflüge. In Bild 5.8 wird dies sichtbar.

Daten wie diese können ebenso wichtig für die Dauer der Liegezeiten von Bedeutung sein. Je weiter ein Flugzeug von seiner Basis entfernt umgeleitet werden oder notlanden musste, desto länger könnte die Liegezeit sein. Um dies zu untersuchen werden der Statistik zwei neue Spalten hinzugefügt. Sie werden Sicherheitslandung und Überführungsflug genannt. In die jeweiligen Zellen werden mit Eintragen der Antworten ja und nein deutlich ob eine Sicherheitslandung oder ein Überführungsflug stattgefunden hat. Folgende Konstellationen sind hier möglich:

- Konstellation 1: Sicherheitslandung: ja Überführung: ja
- Konstellation 2: Sicherheitslandung: ja Überführung: nein
- Konstellation 3: Sicherheitslandung: nein Überführung: ja
- Konstellation 4: Sicherheitslandung: nein Überführung: nein

Es besteht also kein Zusammenhang zwischen Sicherheitslandung und Überführungsflug. Alle Konstellationen können vorkommen.

5.5.3 Liegezeiten

Aus den Daten des Abschnittes 5.5.2 lassen sich die Liegezeiten der von CACE betroffenen Flugzeuge herleiten. Subtrahiert man die Uhrzeit der Landung nach dem CACE von der Uhrzeit der Wiederaufnahme des Flugbetriebs, so erhält man die Liegezeit des betroffenen Flugzeugs in Stunden. Zur Darstellung in der Statistik wird eine neue Spalte hinzugefügt. In Excel ist zur Anzeige der Liegezeit noch ein weiterer Schritt notwendig. Multipliziert man das Ergebnis der zuvor genannten Subtraktion, so enthält die Spalte die Liegezeit in Stunden als Dezimalzahl und somit das gewünschte Ergebnis.

5.6 Fertige Statistik in Tabellenform

Das endgültige Ergebnis ist die fertige Statistik in Form einer Pivot-Tabelle. Die **425 Datensätze von 22.10.2006 bis 06.01.2020** sind in Spalten gegliedert. Die sind:

- Fluggesellschaft
- Flugzeugtyp
- Hersteller
- Registrierung
- Ort
- Ereignis
- Tag
- Monat
- Jahr
- Datum
- Landung nach CACE
- Sicherheitslandung
- Überführungsflug
- Rückkehr in den Flugbetrieb
- Liegezeit nach CACE

Wie bereits in Abschnitt 5.5 erwähnt, sind **die letzten fünf Spalten nur für CACE des Jahres 2019 gefüllt** (genau: 10.01.2019 bis 06.01.2020).

6 Auswertung

6.1 Fluggesellschaften

Zur Auswertung der Statistik wird in den Spalten der Tabelle von links nach rechts vorgegangen. Die erste Auswertung soll eine Aussage über die Häufigkeit von CACE bei den verschiedenen Fluggesellschaften über die gesamte Statistik treffen.

In der geführten Statistik sind insgesamt 111 Fluggesellschaften gelistet, die von CACE nach den in Abschnitt 5.1 genannten Suchkriterien betroffen gewesen sind. 92 dieser Fluggesellschaften waren im Gesamtzeitraum ein bis vier Mal von CACE betroffen. Zur besseren Übersicht werden diese in der folgenden Darstellung nicht berücksichtigt. Folglich werden nur Fluggesellschaften angezeigt, die fünfmal oder häufiger in der Statistik auftauchen.

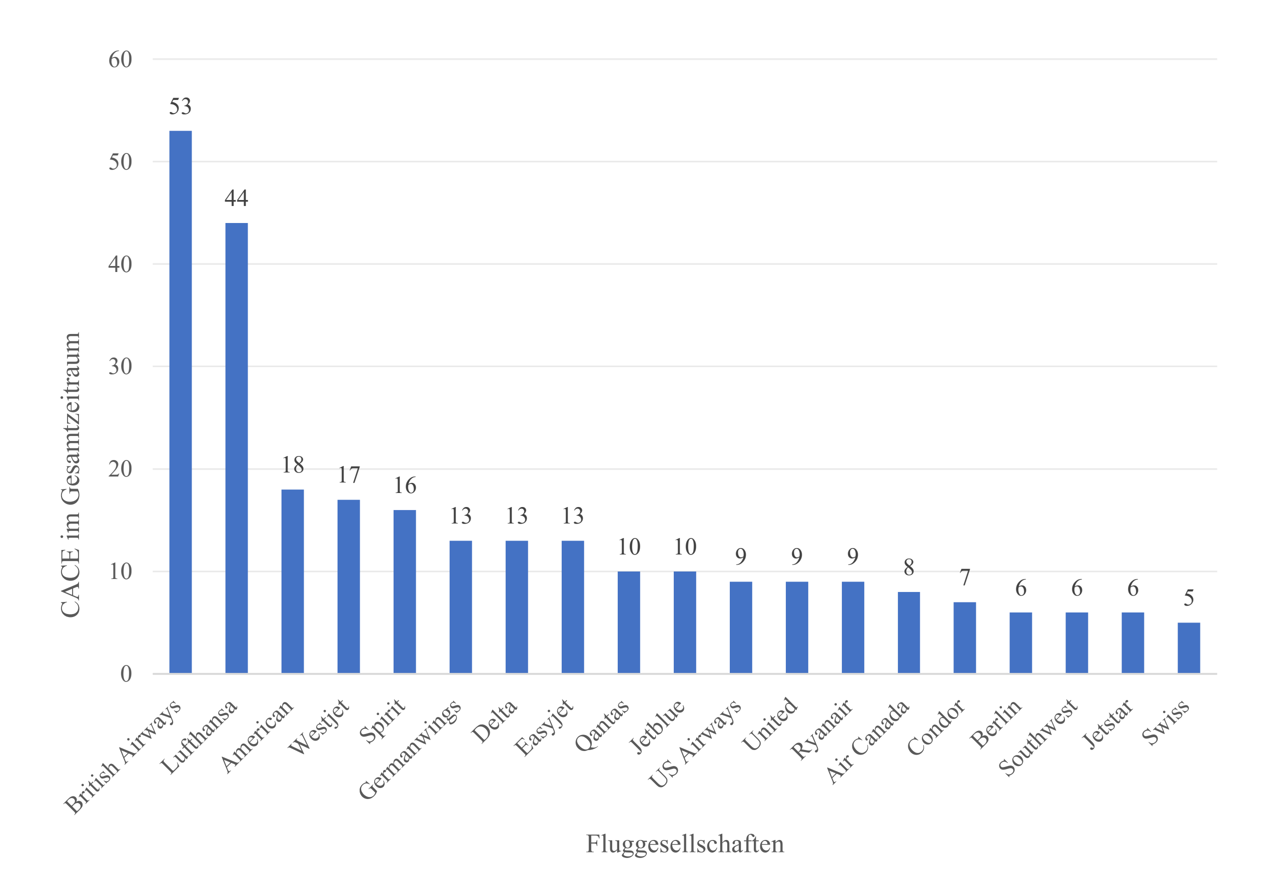


Bild 6.1 Absolute Häufigkeiten von CACE bei Fluggesellschafen im Zeitraum von **2006 bis 2019**

Bild 6.1 zeigt die Verteilung der CACE auf die verschiedenen Fluggesellschaften. Die Balkenhöhe steht für die Häufigkeit und die genaue Anzahl ist auch über den Balken abzulesen.

Es wird schnell deutlich, dass sich einige Fluggesellschaften absetzen und besonders häufig betroffen waren. Die zwei Fluggesellschaften British Airways und Lufthansa stechen hier

hervor. Zusammen sind ihnen 92 CACE widerfahren, was 22,9% der Gesamtanzahl der CACE ergibt. Diese Erkenntnis ist allerdings genauer zu untersuchen. Die absolute Häufigkeit von CACE kann irreführend sein, denn nicht jede Fluggesellschaft setzt gleich viele Flugzeuge ein und fliegt gleich viele Strecken. Zur Deckung dieses Ergebnisses dient ein Blick auf die Marktanteile der Fluggesellschaften.

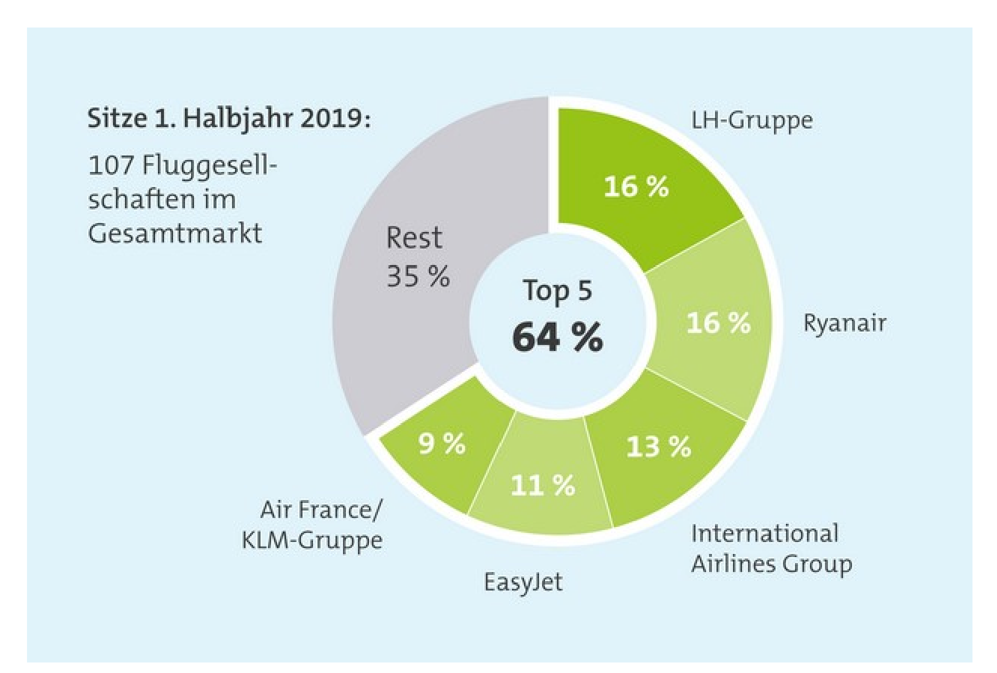


Bild 6.2 Marktanteile der Fluggesellschaften in Europa im 1. Halbjahr 2019 (Lübben 2020)

Das Sitzplatzangebot der europäischen Fluggesellschaften im ersten Halbjahr des Jahres 2019 ist im Bild 6.2 veranschaulicht. Die International Airlines Group beinhaltet hierbei auch die British Airways. Die vier größten Fluggesellschaften dieses Zeitraumes sind in auch im Balkendiagramm aus Bild 6.1 vertreten. Das zeigt bereits, dass größere Fluggesellschaften auch öfter von CACE betroffen sind.

I British Airways B744 at Denver on Oct 11th 2019, blew tyre on touch down

A British Airways A320 near Basel on Oct 5th 2019, smoke in cabin

I British Airways A320 near Athens on Oct 2nd 2019, smoke in cabin

A British Airways A320 at London on Sep 23rd 2019, smoke in cabin

I British Airways B744 near Chicago on Sep 17th 2019, electrical burning odour on board

I British Airways B773 near Shannon on Aug 24th 2019, suspected fire on board

Bild 6.3 Suchergebnisse auf The Aviation Herald mit dem Suchbegriff *British Airways* zwischen dem 24. August 2019 und dem 11. Oktober 2019 (The Aviation Herald 2020a)

Genaue Angaben darüber zu machen, ob Fluggesellschaften auch unter der Berücksichtigung ihrer Marktanteile öfter oder weniger oft von CACE betroffen sind, ist kaum möglich. CACE können sehr vielfältig auftreten und sind auch seitens der Fluggesellschaften und Flugzeughersteller nicht genauestens definiert. Auch zeigt die Statistik nur die CACE, die von The Aviation Herald recherchiert worden sind und mit dem Suchbegriff *fumes* angezeigt werden.

Die Fluggesellschaft, die am häufigsten in der Statistik vorkommt, ist British Airways. Mit 54 Einträgen insgesamt sind ihr knapp 12,7 % aller CACE zuzuschreiben. Dadd (2019) berichtet, dass im Zeitraum vom 5. September 2019 bis zum 3. Oktober 2019 56 CACE bei British-Airways-Flügen auftraten und auch Maszczynski (2019) berichtet ähnlich über eine Anzahl von 56 CACE bei British Airways in einem Zeitraum von weniger als einem Monat und referenziert sich jedoch auch auf die zuvor genannte Quelle. Filtert man die Pivot-Tabelle nach diesem Zeitraum, wird nur ein CACE angezeigt. Eine Suche auf The Aviation Herald mit dem Suchbegriff *British Airways* zur Gegenprüfung zeigt ebenso nur drei CACE, die allerdings im The Aviation Herald die Beschreibung *smoke in cabin* enthalten und daher nicht in der Statistik dieser Arbeit auftauchen. Bild 6.3 beinhaltet diese Suchergebnisse.

Demzufolge könnte es sein, dass deutlich mehr CACE auftreten, als in The Aviation Herald Eintragungen darüber sind.

Einige Organisationen wie die GCAQE (2020) und ECCAIRS (2020) bemühen sich darum, alle Vorfälle zu registrieren und sprechen alle Personen an, die CACE erleben. Aufgrund der häufigen Anzahl der Flüge bei Piloten und Besatzungsmitgliedern sind diese Berufsgruppen besonders aufgefordert Meldungen abzugeben.

Laut Anderson (2019) müssen Vorfälle während eines Fluges die das Auftreten von unter Anderem Rauch und giftigen Gasen hervorrufen bei der amerikanischen Luftfahrtbehörde FAA gemeldet werden. Auch CACE die am Boden auftreten und Flugausfälle und Verspätungen verursachen gehören mit dazu. In einem Bericht der FAA zu diesen Meldungen ergaben Suchen nach den Begriffen fume, odor, smell, smoke und bleed air lediglich 69 CACE für den Zeitraum von 2002 bis 2011. In keiner dieser Fälle gab es Verletzte. Das würde bedeuten ein CACE tritt bei einem von 5,8 Millionen Flügen auf. Die Statistik dieses Projektes zeigt bereits ein absolut gegenteiliges Ergebnis.

Anderson (2019) untersuchte dieses Thema weiter und beantrage weitere Datensätze bei der FAA. Im Zeitraum von 2007 bis 2012 gab es Einträge über 15885 Vorfälle die die Begriffe fume, odor, smell, smoke oder bleed air enthielten. Nach Aussortierung von nicht zuzuordnenden Fällen und Fällen die trotz richtiger Suchbegriffe nicht in die gesuchte Kategorie fielen, kam man auf ein CACE pro 5000 Flüge.

Es wird erneut deutlich, dass offizielle Meldungen zu diesem Thema auch den verantwortlichen Behörden Schwierigkeiten bereiten. Riesige Diskrepanzen zwischen diesen Werten ma-

chen auch deutlich, dass Untersuchungen langwierig und kompliziert werden können, legt man sich nicht auf eine einzige Quelle fest.

6.2 Flugzeugtypen und Hersteller

In diesem Abschnitt wird die Statistik hinsichtlich der Flugzeugtypen und Hersteller ausgewertet. Ein Blick auf die Verteilung der CACE auf die Flugzeughersteller zeigt ein vorhersehbares Bild.

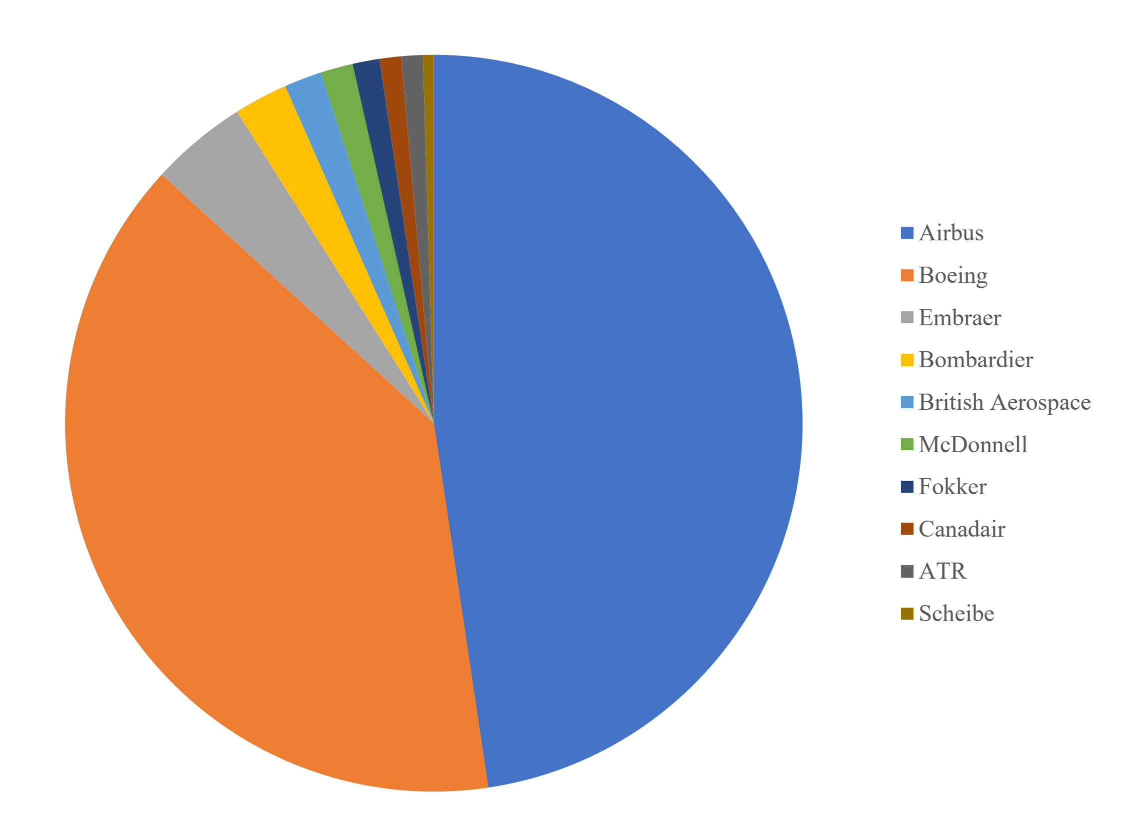


Bild 6.4 Absolute Häufigkeiten der CACE nach Herstellern

Bild 6.4 ist ein Kreisdiagramm, welches die Häufigkeit von CACE bei den verschiedenen Herstellern zeigt. Analog zu den Marktanteilen der beiden Flugzeughersteller Airbus und Boeing sind auch die absoluten Häufigkeiten von CACE bei diesen beiden Herstellern besonders hoch. Airbus liegt mit 202 CACE noch vor Boeing mit 166 CACE. Die folgenden Hersteller sind Embraer mit 18 und Bombardier mit 10 CACE. Somit traten 47,6 % aller aufgeführten CACE in Airbus-Flugzeugen auf und 39,1 % in Boeing-Flugzeugen. Somit sind 86,7 % aller CACE aus dieser Statistik den beiden größten Flugzeugherstellern zuzuschreiben.

Wichtigere Erkenntnisse lassen sich bei einem weiteren Blick auf die Flugzeugtypen gewinnen. Zählt man die A320-Familie von Airbus samt A320neo und A321neo zusammen, so

kommt man auf insgesamt 162 CACE, die auf diesen Flugzeugtypen passierten. Sie gehören zu den Schmalrumpfflugzeugen und werden auf Kurz- und Mittelstrecken eingesetzt. Die gleiche Flugzeugkategorie von Boeing, Die B737-Familie kommt auf eine Häufigkeit von 64 CACE.

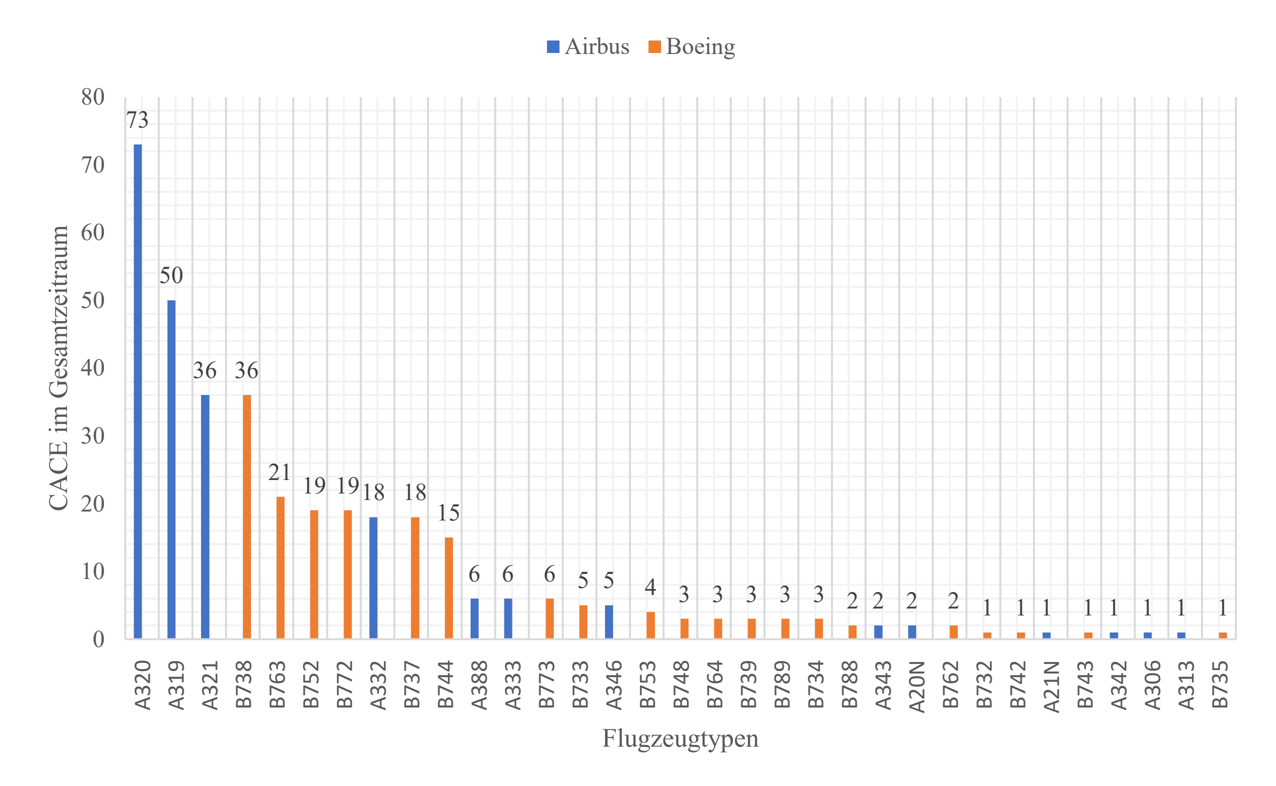


Bild 6.5 Häufigkeiten von CACE nach Flugzeugtypen bei Airbus und Boeing im Zeitraum von 2006 bis 2019

Bild 6.5 in ein Balkendiagramm, welches das Auftreten von CACE bei den unterschiedlichen Flugzeugtypen der Hersteller Airbus und Boeing darstellt. Während die blauen Balken Airbus-Flugzeuge zeigen, sind die orangenen Balken die Boeing-Flugzeuge. Zum besseren Vergleich wurden die restlichen Flugzeughersteller außer Acht gelassen.

Die ersten vier Flugzeugtypen mit den meisten CACE sind allesamt Kurz- und Mittelstreckenflugzeuge. 195 von insgesamt 368 dokumentierten CACE, also 53 % aller CACE bei Airbus- und Boeing-Flugzeugen, sind bei solchen aufgetreten. Diese Zahl sieht auf den ersten Blick enorm, hinsichtlich der Vielfältigkeit der Flugzeugtypen aus. Jedoch spiegelt sie nur den Anteil von Kurz- und Mittelstreckenflugzeugen in der Gesamtheit der weltweit eingesetzten Flugzeuge wider. Nach Wyman (2018) liegt der Anteil von Schmalrumpfflugzeugen in der Gesamtflotte weltweit bei 57 %. Addiert man auch die restlichen Schmalrumpfflugzeuge aus dem Diagramm zu den 53 %, so kommt man insgesamt auf einen Anteil von 62,2 %. Es gibt also eine sehr geringe und kaum beachtenswerte Abweichung.

Weitaus interessanter ist die Tatsache, dass Airbus-Flugzeuge den deutlich größeren Anteil der Schmalrumpfflugzeuge stellen. Die Erwartung, die Anzahl von CACE bei Kurz- und Mit-

telstreckenflugzeugen würde sich analog zu den Marktanteilen auf Airbus- und Boeing-Flugzeuge verteilen, wird nicht erfüllt. Bild 6.6 vergleicht die Auslieferungszahlen der A320- und B737-Familien.

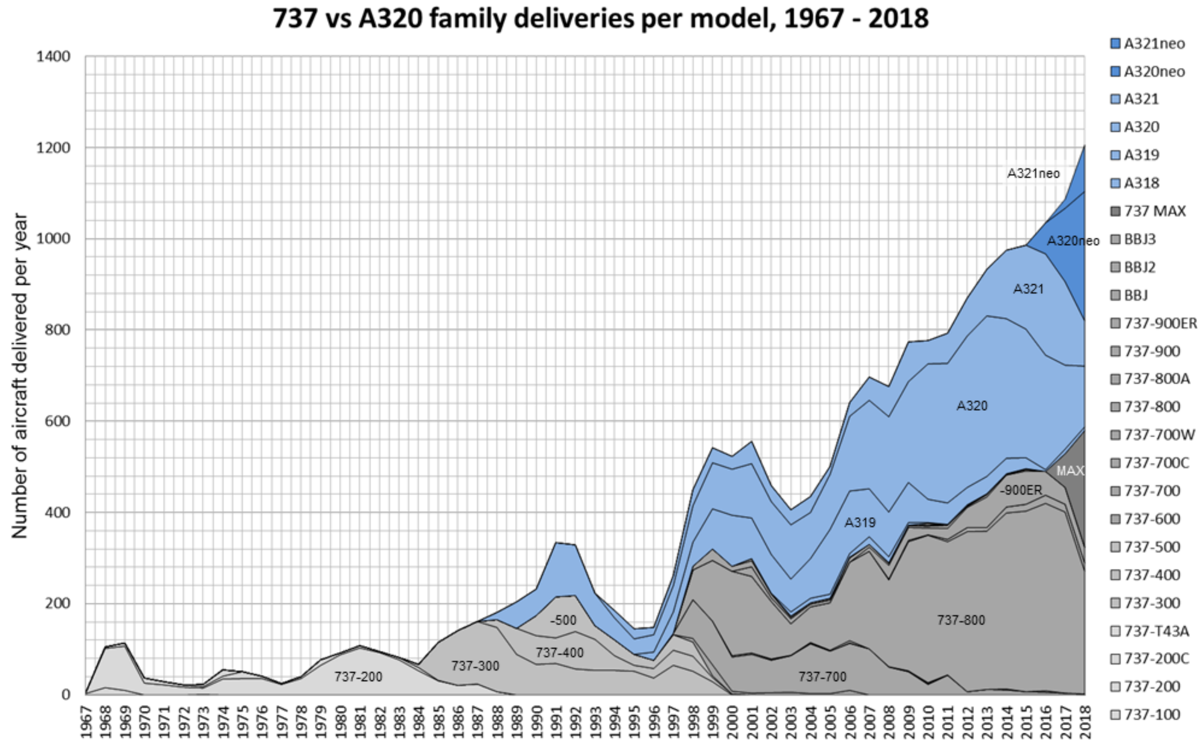


Bild 6.6 Auslieferungen von Flugzeugen der A320- und B737-Familien von 1967 bis 2018 (Wikipedia 2020e)

Tabelle 6.1 CACE bei Schmalrumpfflugzeugen von Airbus und Boeing

Flugzeugtyp	CACE	Gesamtflotte
A320	73	4135
A319	50	1246
A321	36	1650
A20N	2	658
A21N	1	190
B737	18	1005
B735	1	134
B739	3	550
B738	36	4804
B733	5	297
B734	3	261
B732	1	46
Gesamt Airbus	**162**	**7879**
Gesamt Boeing	**67**	**7097**

Es ist ersichtlich, dass beide Flugzeugfamilien seit den späten 1990er-Jahren etwa gleichauf sind, was die jährlichen Auslieferungszahlen betrifft. Dementsprechend kann davon ausgegangen werden, dass im täglichen Flugbetrieb, Flugzeuge der A320- und B737-Familien etwa gleichviel zum Einsatz kommen. Eine genaue Untersuchung in Bild 6.5 zeigt jedoch, dass Airbus-Flugzeuge trotz ausgeglichener Marktanteile deutlich öfter von CACE betroffen waren.

Ein genauerer Vergleich ist möglich, indem die erhaltenen Werte relativiert werden. Hierzu benötigt man die Gesamtanzahl der zurzeit fliegenden Flugzeuge eines jeden Flugzeugtyps. Die Liste der Gesamtflotte aus Thisdell (2019) ist hier sehr hilfreich. Aus den Verhältnissen der Airbus A320-Familie zur Boeing B737-Familie im Hinblick auf Anzahl der CACE und Gesamtflotte können wichtige Zahlen gewonnen werden.

Die Tabelle 6.1 zeigt, dass von insgesamt 229 CACE 162 bei Airbus-Flugzeugen passiert sind. Somit überwiegt das Vorkommen von CACE in der A320-Familie mit 70,7 % deutlich gegenüber der B737-Familie.

Möchte man dieses Ergebnis nun relativieren, so müssen die Verhältnisse der A320- und B737-Familien gegenübergestellt werden. In der Gesamtflotte überwiegt die Airbus-Flotte. Das Verhältnis von aktuell fliegenden Flugzeugen der A320-Familie zu Flugzeugen der B737-Familie ist 1,11. Das Verhältnis von CACE bei A320-Flugzeugen zu B737-Flugzeugen allerdings liegt bei 2,42. Auch diese Zahlen bestätigen die Hypothese, Airbus-Flugzeuge seien deutlich häufiger von CACE betroffen als Boeing-Flugzeuge.

6.3 Liegezeiten

In diesem Abschnitt werden die Liegezeiten der von CACE betroffenen Flugzeuge genauer untersucht. Da aus Flightradar24 nur Daten aus den letzten 365 Tagen zur Verfügung stehen, wird in diesem Abschnitt nur das Jahr 2019 behandelt und zusätzlich sind die ersten CACE aus dem Jahr 2020 beigefügt.

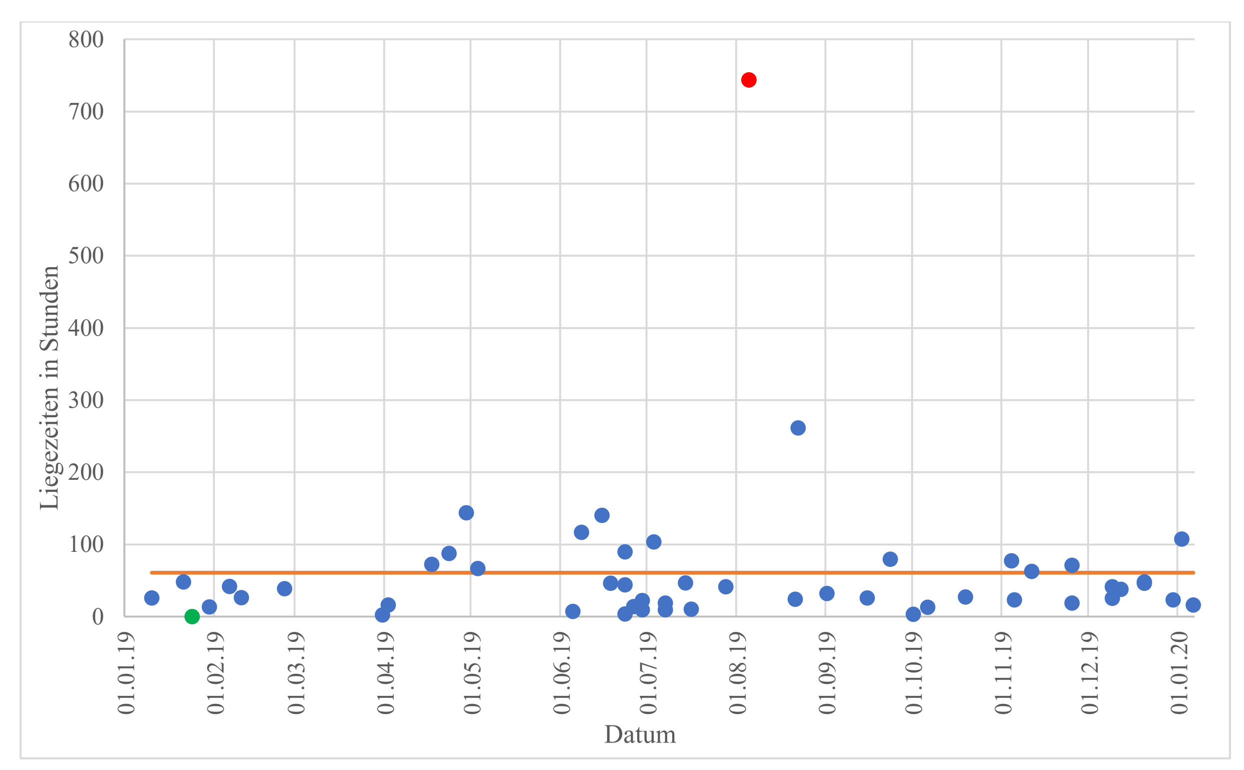


Bild 6.7 Liegezeiten der Passagierflugzeuge nach CACE als Punktdiagramm

Die aus der Uhrzeit der Landung nach dem CACE und der Uhrzeit der Rückkehr in den Flugbetrieb errechnete Liegezeit in Stunden ist sehr vielfältig ausgefallen. Dies geht unter anderem aus Bild 6.7 hervor. Im Durchschnitt ist ein betroffenes Flugzeug nach dem Ereignis 61,1 Stunden am Boden, bevor es in den Flugbetrieb zurückkehrt. Die orange Linie zeigt den Mittelwert im Punktdiagramm. Der Median der Werte ist 37,67 Stunden. Stark Abweichende Liegezeiten sind keine Seltenheit. Die Standardabweichung liegt in diesem Fall bei 108.

Der Minimalwert der Liegezeit nach einem CACE liegt bei null Stunden, also erfolgte ein direkter Folgeflug. Der grüne Punkt markiert diesen Wert im Diagramm. Im Gegensatz dazu steht ein Flugzeug der British Airways mit der Registrierung G-MEDN, welches nach einem CACE in Valencia 743,3 Stunden flugunfähig war und in der Zwischenzeit einen Überführungsflug von Valencia nach London durchgeführt hat. Dieser stellt mit 31 Tagen den Maximalwert dar und ist im Diagramm als roter Punkt markiert. Ferner sind die CACE im Diagramm nach Auftrittsdatum sortiert. Es lässt sich eine Ansammlung vieler CACE in den Sommermonaten erkennen.

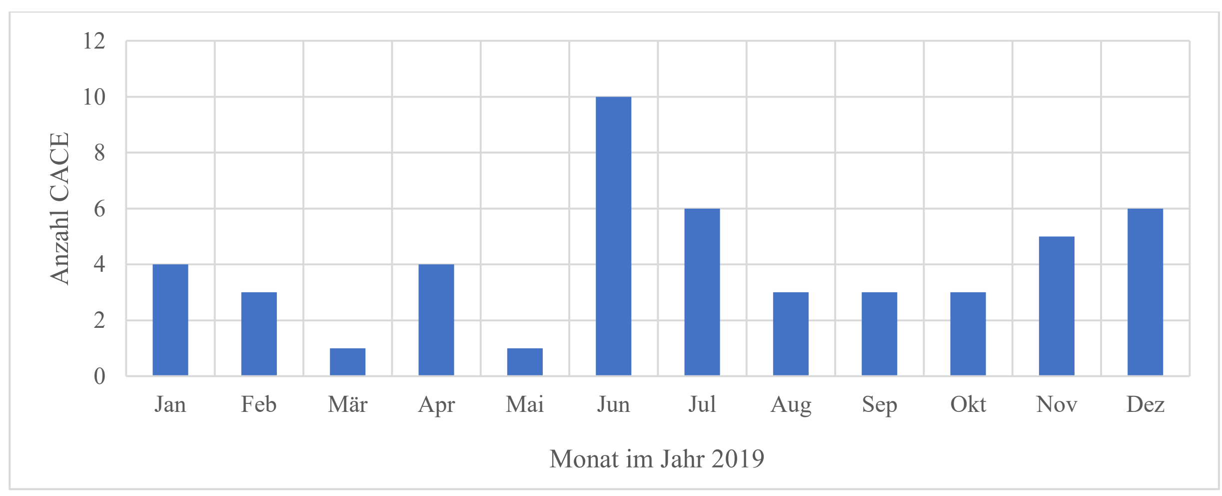


Bild 6.8 Verteilung der CACE aus The Aviation Herald mit dem Suchbegriff „fumes“ auf die Monate des Jahres 2019

Der Eindruck bewahrheitet sich, schaut man auf Bild 6.8, welches die CACE auf die Monate verteilt. Während die Monate Januar bis Mai eher seltener betroffen sind, lässt sich ab Juni eine deutliche Erhöhung der Anzahl an CACE erkennen. 10 CACE im Juni stellen hier den Höchstwert dar. Aufgrund der Unvollständigkeit der Daten wird von einer tiefgründigen Untersuchung in diesem Aspekt abgesehen.

6.4 Falluntersuchung

Im Rahmen dieses Projektes und mit den hier gewählten Werkzeugen The Aviation Herald und Flightradar24 ist es nahezu unmöglich herauszufinden, ob seitens der Fluggesellschaften nach CACEs genügend Maßnahmen unternommen wurden. Informationen aus erster Hand darüber was genau getan wurde wären notwendig, um tiefgründiger zu untersuchen.

Anhand der Liegezeiten kann aber grob festgestellt werden ob sie für weitreichende Maßnahmen nach CACE gereicht hätte. In Abschnitt 4.1 wurde bereits auf Wartungsanweisungen des Herstellers Airbus eingegangen. Nach SWR (2019) ist es allerdings nahezu unmöglich den genannten Anweisungen in kurzer Zeit Folge zu leisten. Der Umfang eines D-Checks, bei dem die gesamte Kabine eines Flugzeugs ausgebaut wird, kommt etwa dem gleich, der nötig wäre, um die Wartungsanweisungen durchzuführen. In den nächsten Abschnitten wird kurz auf die beiden Flugzeuge mit den längsten Liegezeiten und auf ein zufällig aus der Statistik ausgewähltes Flugzeug eingegangen und untersucht ob die Liegezeiten ausreichen erscheinen, um Spuren des CACE zu säubern und die Wahrscheinlichkeit von folgenden CACEs zu vermindern.

6.4.1 G-MEDN

Nach Wikipedia (2020f) dauert ein D-Check etwa vier bis sechs Wochen. Die Statistik zu den Liegezeiten nach CACE enthält einen einzigen Fall bei dem das Flugzeug nach dem CACE eine Liegezeit von einem Monat hatte.

Im The-Aviation-Herald-Artikel über diesen Flug zeigt sich, dass dies ein besonders schwerer Fall eines CACE war. Während des Langeanflugs auf Valencia bildete sich weiß-grauer Rauch in der Kabine. Nach der Landung verließen die Passagiere das Flugzeug über Notrutschen. (Hradecky 2019e)

Zwischen der Landung und der Wiederaufnahme des Flugbetriebs vergingen 743,33 Stunden. Das ist genug Zeit, um weitreichende Maßnahmen zu treffen. Ob speziell in diesem Fall versucht wurde Reinigungen durchzuführen oder Klimarohre komplett auszutauschen kann im Rahmen dieser Projektarbeit nicht herausgefunden werden, allerdings wird aufgrund der Differenz der Liegezeit dieses Flugzeugs zum Mittelwert von 61,1 Stunden schon deutlich, dass hier besondere Maßnahmen ergriffen wurden. Es bleibt zu beachten, dass das Flugzeug mit der Registrierung G-MEDN nach dem Vorfall zunächst neun Tage in Valencia auf dem Boden blieb und erst danach zur Basis nach London-Heathrow zurückkehrte. Die hohe Gesamtliegezeit und die Tatsache, dass dieses Flugzeug, wie auch in Bild 6.7 erkennbar, deutlich länger am Boden blieb als andere betroffene Flugzeuge, lassen dennoch auf gründliche Untersuchungen am Flugzeug schließen. (Hradecky 2019e)

6.4.2 N218HA

Die zweitlängste Liegezeit nach einem CACE in dieser Statistik hatte das Flugzeug der Hawaiian Airlines mit der Registrierung N218HA. Wie das Flugzeug G-MEDN befand sich auch dieses Flugzeug im Landeanflug als ein CACE auftrat. Das Erscheinen des Rauches ist in den Fällen von G-MEDN und N218HA laut der Fotos in den The-Aviation-Herald-Artikeln sehr ähnlich gewesen. Während die G-MEDN der British Airways eine A321 mit alter Triebwerkskonfiguration ist, ist die N218HA eine A321neo mit neuen Triebwerken des Triebwerkshersteller Pratt & Whitney. (Hradecky 2019f)

Die Liegezeit betrug hier 261 Stunden, also etwa elf Tage. Das ist bereits ein deutlicher Unterschied zu dem vorherigen Fall bei der G-MEDN. Dennoch interessant ist, dass auch dieser Wert deutlich über dem Mittelwert der Liegezeiten von etwa zweieinhalb Tagen liegt. Maßnahmen im Umfang eines D-Checks durchzuführen ist in dieser Zeit nicht machbar. Hilfreich zu erfahren wäre es, welche Maßnahmen nun in diesen Fällen ergriffen wurden, um genau sagen zu können, ob Herstelleranweisungen Folge geleistet wurde oder nicht.

6.4.3 N652NK

Ein Fall für eine möglicherweise deutlich zu kurze Liegezeit ist der des Flugzeuges N652NK. Nachdem sich kurz nach dem Start Gerüche in der Kabine ausbreiteten, kehrte das Flugzeug zum Startflughafen zurück. Vier Besatzungsmitglieder wurden zur Untersuchung in ein Krankenhaus gebracht. (Hradecky 2019g)

Die Liegezeit betrug hier gerade einmal etwa neun Stunden. Um nach neun Stunden wieder flugfähig zu sein, dürfte es nur eine leichte Kontaminierung der Kabinenluft gegeben haben. Ferner müsste die Ursache des CACE sofort bekannt sein. Es ist dennoch schwierig innerhalb von neun Stunden das Flugzeug flugfähig zu machen, denn zu diesen neun Stunden gehören noch das Aussteigen aller Passagiere, das Vorbereiten des Flugzeuges auf den nächsten Flug und das Boarding. Es scheint also auch hier nahezu unmöglich innerhalb dieser kurzen Zeit notwendige Maßnahmen zu ergreifen, um alle Spuren und Ursachen des CACE zu beseitigen.

7 Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurde eine Statistik zu CACE erstellt und ausgewertet. Es konnten vielerlei Aspekte untersucht werden.

Die Fluggesellschaften mit den meisten CACE sind **British Airways (53) und Lufthansa (44)**. Von den insgesamt 425 aufgenommenen Ereignissen sind **22,9 %** ihnen wiederfahren. Erklären lässt sich das mit dem hohen Marktanteil der beiden Fluggesellschaften. Kleinere Fluggesell-schaften waren weniger betroffen als größere.

Insgesamt **86,7 %** aller CACE betrafen die Flugzeuge der beiden größten Flugzeughersteller **Airbus (202) und Boeing (166)**. Genau wie bei den Fluggesellschaften sind auch bei den Herstellern kleinere weniger betroffen.

Flugzeuge der Kategorie Schmalrumpf der beiden größten Flugzeughersteller sind öfter betroffen als Großraumflugzeuge. Sie fliegen kürzere Strecken und haben somit deutlich mehr Einsätze. **162** der insgesamt 425 CACE passierten in Flugzeugen der **A320-Familie** von Airbus und **67** in Flugzeugen der **B737-Familie** von Boeing.

Die Schmalrumpffamilien werden weltweit etwa gleichviel eingesetzt. Die aktuelle Gesamtflotte der **A320-Familie** umfasst **7879** Flugzeuge und die B737-Familie umfasst **7097 Flugzeuge**. Das **Gesamtflottenverhältnis** Airbus zu Boeing beträgt also **1,11**. Man kann jetzt die absoluten Zahlen aus dem vorherigen Absatz relativieren, indem man die Anzahl der CACE durch die Gesamtflotte teilt. Bringt man auch diese Werte in ein Verhältnis, so erhält man ein **CACE-Verhältnis der Schmalrumpfflugzeuge von Airbus zu Boeing** von **2,42**.

Die Datenbank von The Aviation Herald enthält **52 Einträge** zu **CACE im Jahr 2019**[2]. Die **durchschnittliche Liegezeit** betrug in diesem Zeitraum **61,1 Stunden**. Den **Maximalwert** stellt eine Liegezeit von **743,3 Stunden** dar. Das ist umgerechnet **ein Monat**. Der **Minimalwert** liegt bei **null Stunden**. Der **Medianwert** der Statistik ist **37,67 Stunden**. Die errechnete **Standardabweichung** liegt bei **108**.

Nur **zwei Flugzeuge** standen nach CACE **zehn Tage oder länger** am Boden. Wartungshinweise des Flugzeugherstellers Airbus, SWR (2019) und Scholz (2020) machen deutlich, dass **deutlich höhere Liegezeiten als der Mittelwert notwendig** wären, um notwendige Maßnahmen zu ergreifen.

[2] Kalenderjahr 2019 und Januar 2020

8 Schlussbemerkung

Das Erstellen einer Statistik zu CACE ermöglicht die Analyse einer Reihe von Daten und Informationen. Auch wenn Flightradar24 Daten zum Herunterladen bereitstellt, ist es nicht möglich anhand dieser CACE zu analysieren und Ergebnisse zu Liegezeiten zu erhalten. The Aviation Herald gibt teilweise den aktuellen Status des im Artikel betroffenen Flugzeugs an. Dieser hängt allerdings davon ab, ob das betroffene Flugzeug noch am Boden steht, oder bereits in den Flugbetrieb zurückgekehrt ist. Demzufolge können ohne weitere Bearbeitung der erhaltenen Daten keine Erkenntnisse zu dem Thema CACE und Liegezeiten gewonnen werden.

Als eine hilfreiche Methode, Informationen aus Flightradar24 und The Aviation Herald zusammenzufügen, hat sich die Erstellung einer Statistik als Pivot-Tabelle in *Microsoft Excel* erwiesen. In dieser Arbeit wurde sie Schritt für Schritt erklärt. Anhand der erhaltenen Statistik wurden vielerlei Untersuchungen durchgeführt, die teilweise neue Erkenntnisse erbracht haben.

Die Methode dieser Arbeit wird von Bula (2017) gestützt. Zur Durchführung einer Studie verwendete er ebenfalls die Online-Plattform The Aviation Herald und untersuchte das Auftreten von CACE. Insgesamt kommt er auf eine Anzahl von über 400 Berichten. Ähnliche Zahlen sind auch in dieser Arbeit existent. Im Jahr 2014 seien in seinem Fall 75 CACE vorgekommen. Es scheint also keine isolierte Erscheinung im Jahr 2019 zu sein, dass 50 Fälle allein mit dem Suchbegriff *fumes* zu finden sind.

Literaturverzeichnis

ANDERSON, Judith, 2019. *Oil Fume Events: How often?* London, England. International Aircraft Cabin Air Conference 2019.
Available from: https://bit.ly/3dBIo8T
Archived as: https://perma.cc/NSC2-A2GC

BULA, Eric Cristopher, 2017. *Cabin Air Quality*. New Port Richey, USA: Pall Aerospace.
Available from: https://bit.ly/3aXahWC
Archived as: https://perma.cc/Y66L-797G

DADD, Trudie, 2019. *Multiple Fume Events at British Airways*. Crewkerne: Change.org PBC.
Available from: https://bit.ly/2TX12QN,
Archived as: https://perma.cc/57HR-52AD

DUDEN, 2020a. *Passagierflugzeug*. Berlin, Germany.
Available from: https://www.duden.de/rechtschreibung/Passagierflugzeug,
Archived as: https://perma.cc/9RVZ-PLTW

DUDEN, 2020b. *Analyse*. Berlin, Germany.
Available from: https://www.duden.de/rechtschreibung/Analyse,
Archived as: https://perma.cc/TTD9-M8P3

ECCAIRS, 2020. *ECCARIS Reporting System.*
Available from: https://eccairsportal.jrc.ec.europa.eu/index.php?id=164
Archived as: https://perma.cc/5FBY-GG85

FLIGHTRADAR24, 2020a. Stockholm, Sweden.
Available from: https://www.flightradar24.com/BAW107,
Archived as: https://perma.cc/CPX3-N59E

FLIGHTRADAR24, 2020b. Stockholm, Sweden.
Available from: https://www.flightradar24.com/BAW107,
Archived as: https://perma.cc/E39R-5BEU

FLIGHTRADAR24, 2020c. Stockholm, Sweden.
Available from: https://www.flightradar24.com/BAW107,
Archived as: https://perma.cc/PG2R-7P6B

FLIGHTRADAR24, 2020d. Stockholm, Sweden.
Available from: https://www.flightradar24.com/BAW107,
Archived as: https://perma.cc/9VRA-JWXW

FLIGHTRADAR24, 2020e. Stockholm, Sweden.
Available from: https://www.flightradar24.com/SIA323,
Archived as: https://perma.cc/448K-XKSR

FLIGHTRADAR24, 2020f. Stockholm, Sweden.
Available from: https://www.flightradar24.com/LH766,
Archived as: https://perma.cc/VE6Q-7T8W

FLIGHTRADAR24, 2020g. *About Flightradar24.* Stockholm, Sweden.
Available from: https://www.flightradar24.com/about,
Archived as: https://perma.cc/FA6H-HQLB

FLIGHTRADAR24, 2020h. *How it works*. Stockholm, Sweden.
Available from: https://www.flightradar24.com/how-it-works,
Archived as: https://perma.cc/KQN7-N5V8

FLIGHTRADAR24, 2020i. Stockholm, Sweden.
Available from: https://www.flightradar24.com/data/flights/ba902#234025f5,
Archived as: https://perma.cc/HBD8-22XH

FLIGHTRADAR24, 2020j. Stockholm, Sweden.
Available from: https://www.flightradar24.com/data/flights/ba902#234025f5,
Archived as: https://perma.cc/JRH4-VXSA

FLIGHTRADAR24, 2020k. Stockholm, Sweden.
Available from: https://www.flightradar24.com/data/flights/ba851#2102617d,
Archived as: https://perma.cc/Q776-R5ST

FLIGHTRADAR24, 2020l. Stockholm, Sweden.
Available from: https://www.flightradar24.com/data/flights/ba851#2102617d,
Archived as: https://perma.cc/CD3P-DDAQ

FLIGHTRADAR24, 2020m. Stockholm, Sweden.
Available from: https://www.flightradar24.com/data/flights/aa4#21c92c76,
Archived as: https://perma.cc/2VBP-7F4Q

FLIGHTRADAR24, 2020n. Stockholm, Sweden.
Available from: https://www.flightradar24.com/data/flights/ba633#2363b175,
Archived as: https://perma.cc/ZP6P-D4KB

FLIGHTRADAR24, 2020o. Stockholm, Sweden.
Available from: https://www.flightradar24.com/data/aircraft/c-gkob#null,
Archived as: https://perma.cc/VSQ2-8GML

FLIGHTRADAR24, 2020p. Stockholm, Sweden.
Available from: https://www.flightradar24.com/data/aircraft/g-euym,
Archived as: https://perma.cc/4E39-Y2WB

FLIGHTRADAR24, 2020q. Stockholm, Sweden.
Available from: https://www.flightradar24.com/data/aircraft/g-euym#2370ae4d,
Archived as: https://perma.cc/RC4C-BKK6

FLIGHTRADAR24, 2020r. Stockholm, Sweden.
Available from: https://www.flightradar24.com/data/flights/rv7096,
Archived as: https://perma.cc/D4XN-Q78Y

FLIGHTRADAR24, 2020s. Stockholm, Sweden.
Available from: https://www.flightradar24.com/data/aircraft/pr-xth,
Archived as: https://perma.cc/YEY3-2Y4J

FLIGHTRADAR24, 2020t. Stockholm, Sweden.
Available from: https://www.flightradar24.com/50.66,12.31/5,
Archived as: https://perma.cc/7PML-BTX2

FLIGHTRADAR24, 2020u. Stockholm, Sweden,
Available from: https://www.flightradar24.com,
Archived as: https://perma.cc/W9J8-ZPYP

GCAQE, 2020. *Report with GCARS.* London, England.
Available from: https://www.gcaqe.org/gcars
Archived as: https://perma.cc/7MMU-JEDY

HRADECKY, Simon, 2019a. *Incident: British Airways A319 at London on Dec 20th 2019, fumes on the flight deck.* Salzburg, Austria: The Aviation Herald.
Available from: http://avherald.com/h?article=4d0daec1&opt=1,
Archived as: https://perma.cc/9L8Z-U8QG

HRADECKY, Simon, 2019b. *Incident: British Airways A321 near London on Jun 23rd 2019, fumes in the cockpit*. Salzburg, Austria, Austria: The Aviation Herald.
Available from: http://avherald.com/h?article=4c99bc26&opt=1,
Archived as: https://perma.cc/JH2V-M4CL

HRADECKY, Simon, 2019c. *Incident: Spirit A319 at Sacramento on Nov 11th 2019, fumes in cockpit*. Salzburg, Austria: The Aviation Herald.
Available from: http://avherald.com/h?article=4cf2c029&opt=1,
Archived as: https://perma.cc/DU4D-DLGN

HRADECKY, Simon, 2019d. shradecky@avherald.com, 2019. *Epoxy Bleed Ducts*. Message to SCHOLZ, Dieter (info@profscholz.de). Sent 2019-12-06.
Available from: https://perma.cc/96RC-YZQ2

HRADECKY, Simon, 2019e. *Accident: British Airways A321 at Valencia on Aug 5th 2019, smoke on board.* Salzburg, Austria: The Aviation Herald.
Available from: http://avherald.com/h?article=4cb3a0d2&opt=1
Archived as: https://perma.cc/5F9S-YP3U

HRADECKY, Simon, 2019f. *Accident: Hawaiian A21N near Honolulu on Aug 22nd 2019, fumes and smoke on board prompt evacuation.* Salzburg, Austria: The Aviation Herald.
Available from: http://avherald.com/h?article=4cbe89b0&opt=1
Archived as: https://perma.cc/4J8C-ELEN

HRADECKY, Simon, 2019g. *Incident: Spirit A320 at Atlantic City on Jun 29th 2019, fumes in the cabin.* Salzburg, Austria: The Aviation Herald.
Available from: http://avherald.com/h?article=4c9d4e3d&opt=1
Archived as: https://perma.cc/ZE3R-HTLZ

HRADECKY, Simon, 2020a. *Frequently Asked Questions*. Salzburg, Austria.
Available from: http://avherald.com/h?faq=&opt=1,
Archived as: https://perma.cc/NLZ6-7WM5

HRADECKY, Simon, 2020b. *Accident: British Airways A321 at Valencia on Aug 5th 2019, smoke on board.* Salzburg, Austria.
Available from: http://avherald.com/h?article=4cb3a0d2&opt=1
Archived as: https://perma.cc/YVC2-GZ2A

KAMPS, Udo, 2020. S*tatistik.* Wiesbaden, Germany: Springer Gabler.
Available from: https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/statistik-45267,
Archived as: https://perma.cc/TQ9W-QXFR

LÜBBEN, Norbert and RZEGOTTA, Ivo, 2020. *Bericht zur Lage der Branche.* Berlin: Bundesverband der deutschen Luftverkehrswirtschaft e.V.
Available from: https://www.bdl.aero/de/publikation/bericht-zur-lage-der-branche,
Archived as: https://perma.cc/KXR2-MVLE

MASZCZYNSKI, Mateusz, 2019. *Yet Another 'Fume Event' On a British Airways Flight Brings Total to 56 in Less Than Months.* Paddle Your Own Kanoo.
Available from: https://bit.ly/2WsBGvN,
Archived as: https://perma.cc/C776-3DTV

OLIVER WYMAN, 2018. *GLOBAL FLEET & MRO MARKET FORECAST COMMENTARY 2018 – 2028.*
Available from: https://owy.mn/3d01apT,
Archived as: https://perma.cc/26LB-2333

SCHMIDT-VOIGT, Nikolas, 2020. *Pivot-Tabelle.* Seligenstadt, Germany.
Available from: https://www.pivot-tabelle.de ,
Archived as: https://perma.cc/GLV2-RXT2

SCHOLZ, Dieter, 2017. *Die Luft in der Kabine von Passagierflugzeugen ist nicht so gut wie oft angenommen - Hintergründe, Lösungsmöglichkeiten und deren Umsetzung.* Hamburg.
Available from: http://CabinAir.ProfScholz.de,
Archived as: https://perma.cc/FC38-GB5Y

SCHOLZ, Dieter, 2019. *Contaminated Aircraft Cabin Air - An Aeronautical Engineering Perspective.* Paris.
Available from: http://CabinAir.ProfScholz.de,
Archived as: https://perma.cc/P7JZ-HBZ5

SCHOLZ, Dieter, 2021. Aircraft Cabin Air and Engine Oil – An Engineering Update. In: *International Aircraft Cabin Air Conference 2021* (Online, 15-18 March 2021).
Available from: https://doi.org/10.5281/zenodo.4743773

SPRITZENDORFER, Josef, 2019. *Aerotoxisches Syndrom ("Fume Events").* Abensberg: EGGBI.
Available from: https://bit.ly/2wdVFmS,
archived as: https://perma.cc/Y3DU-S87S

SWR, 2019. *Schädigen giftige Gase in Flugzeugen Personal und Passagiere?* In: *Krankmachende Kabinenluft*. Mainz, Germany.
Available from: https://bit.ly/33nDmbc
Archived as: https://perma.cc/2GPS-7GKE

THE AVIATION HERALD, 2020a. *Search results for "british airways"*. Salzburg, Austria.
Available from: https://bit.ly/2TUgjBO,
Archived as: https://perma.cc/CB6R-SPXG

THE AVIATION HERALD, 2020b. *Search results for "fumes"*. Salzburg, Austria.
Available from: https://bit.ly/2U8Ksfw,
Archived as: https://perma.cc/TWW8-YFLT

THE AVIATION HERALD, 2020c. Salzburg, Austria.
Available from: http://avherald.com,
Archived as: https://perma.cc/5RJN-ZFLM

THISDELL, Dan; SEYMOUR, Chris, 2019. *Global volatility steadies the climb.* In: *Flight International - World Airliner Census 2019.* London. FlightGlobal.com. vol. 30 July-5 August 2019, pp. 28-47.
Available from: https://www.flightglobal.com/download?ac=67053,
Archived as: https://perma.cc/K53V-QAQS

TOFIGHI-NIAKI, Peinmann, 2013. *The SMOKE/FUMES/AVNCS SMOKE Procedure*. In: *Safety First*. Blagnac, France. Airbus S.A.S., vol. 15, pp. 1-3.
Available from: https://bit.ly/3d2uKv4,
Archived as: https://perma.cc/4C3Y-M558

WIKIPEDIA, 2020a. *IATA-Code*.
Available from: https://de.wikipedia.org/wiki/IATA-Code,
Archived as: https://perma.cc/2ZPY-EFZ5

WIKIPEDIA, 2020b. *The Aviation Herald.*
Available from: https://de.wikipedia.org/wiki/The_Aviation_Herald,
Archived as: https://perma.cc/Q2G2-KR9N

WIKIPEDIA, 2020c. *Transpondercode*.
Available from: https://de.wikipedia.org/wiki/Transpondercode,
Archived as: https://perma.cc/3TCP-RGGJ

WIKIPEDIA, 2020d. *Aviation transponder interrogation modes*.
Available from: https://bit.ly/33lpHkV,
Archived as: https://perma.cc/J6BN-85J3

WIKIPEDIA, 2020e. *Competition between Airbus and Boeing.*
Available from: https://en.wikipedia.org/wiki/Competition_between_Airbus_and_Boeing,
Archived as: https://perma.cc/WD3C-2UQ8

WIKIPEDIA, 2020f. *Luftfahrzeug-Instandhaltung.*
Available from: https://de.wikipedia.org/wiki/Luftfahrzeug-Instandhaltung#D-Check,
Archived as: https://perma.cc/TSW6-8JAY

Anhang A

Ausschnitt aus der Statistik für das Jahr 2019

Fluggesell-schaft	Flugzeug-typ	Registrie-rung	Ereignis	Datum	Liegezeit nach CACE [h]
Spirit	A319	N534NK	passengers not feeling well due to fumes	06.01.20	16,08
British Airways	A320	G-EUYM	fumes take out first officer	02.01.20	107,50
Commut	E145	N13161	rejected takeoff due to fumes in flight deck	30.12.19	23,00
Lufthansa	A319	D-AIBC	fumes injure 4 crew	20.12.19	46,23
British Airways	A319	G-EUPY	fumes on the flight deck	20.12.19	48,08
GoAir	A20N	VT-WJJ	fumes on board	09.12.19	41,33
PSA	CRJ2	N256PS	fumes in cabin	09.12.19	25,50
Tiger Australia	A320	VH-XUH	fumes in cabin	12.12.19	37,67
Laudamotion	A320	OE-LOX	communication problems and fumes	25.11.19	71,00
Spirit	A321	N675NK	noisy overhead panel, fumes in cockpit	25.11.19	18,75
Spirit	A319	N510NK	fumes in cockpit	11.11.19	62,67
Canada Rouge	A320	C-GKOE	fumes and smoke in cabin	05.11.19	22,92
Swiss	A321	HB-IOH	fumes on board	04.11.19	77,25
British Airways	A320	G-GATL	fumes in cockpit,both pilots partially incapacitated	19.10.19	27,00
Canada	E190	C-FHOY	fumes in cockpit	06.10.19	12,92
Delta	B763	N189DN	electrical odour on board	01.10.19	3,08
British Airways	A320	G-EUYB	smoke in cabin	23.09.19	79,58
Alaska	A319	N523VA	burning odour in cockpit	15.09.19	25,83
Canada	A319	C-GAPY	fumes in cockpit	01.09.19	32,08
Hawaiian	A21N	N218HA	fumes and smoke on board prompt evacuation	22.08.19	261,25
American	A321	N112AN	fumes in cockpit	21.08.19	24,00
British Airways	A321	G-MEDN	smoke on board	05.08.19	743,33
American	A333	N272AY	fumes on board	28.07.19	41,17

Spirit	A320	N604NK	fumes on board	16.07.19	10,33
British Airways	B772	G-YMMD	fumes on board	14.07.19	46,75
Spirit	A321	N658NK	fumes injure crew	07.07.19	9,58
Volotea	A319	EC-MTM	fumes injure crew	07.07.19	18,83
British Airways	B772	G-YMMU	fumes in cockpit	03.07.19	103,33
Envoy	E135	N817AE	fumes on board	29.06.19	22,42
Spirit	A320	N652NK	fumes in the cabin	29.06.19	9,25
El Al	B738	4X-EKM	fumes in cabin, bird strike suspected	26.06.19	13,75
Westjet	B737	C-FWSK	odour and haze in cabin	23.06.19	3,58
British Airways	A320	G-GATN	fumes in cockpit and cabin	23.06.19	44,08
British Airways	A321	G-EUXG	fumes in the cockpit	23.06.19	89,83
British Airways	A320	G-MEDK	fumes injure passengers and cabin crew	18.06.19	46,42
British Airways	A321	G-EUXG	fumes in cockpit	15.06.19	140,33
British Airways	A321	G-EUXG	fumes on board	08.06.19	116,92
Transat	A313	C-GPAT	cash computer fumes, over on board sales	05.06.19	7,08
Spirit	A321	N660NK	fumes on board	03.05.19	66,75
United	B763	N657UA	smoke in cabin	29.04.19	144,00
Canada Rouge	A319	C-GKOB	fumes on board	23.04.19	87,50
Canada Rouge	A319	C-FYJG	fumes on board	17.04.19	72,50
American	A321	N549UW	fumes on the flight deck	02.04.19	16,00
British Airways	A320	G-MEDK	electrical fumes in cockpit	31.03.19	2,50
Easyjet	A320	G-EZOI	burning electrical odour on board	25.02.19	38,83
British Airways	A320	G-EUUP	fumes in flight deck and cabin	10.02.19	26,25
Thomas Cook	A332	G-TCCF	smoke in cockpit	06.02.19	41,75
Jetblue	A320	N523JB	fumes on board	30.01.19	13,42
Transat	A321	C-GEZD	passengers become ill during de-icing	24.01.19	0,00
British Airways	B744	G-CIVO	smoke in cockpit	21.01.19	48,00
American	A320	N604AW	fumes on board	10.01.19	25,65

Anhang B

Dekontamination eines Flugzeugs nach einem CACE

